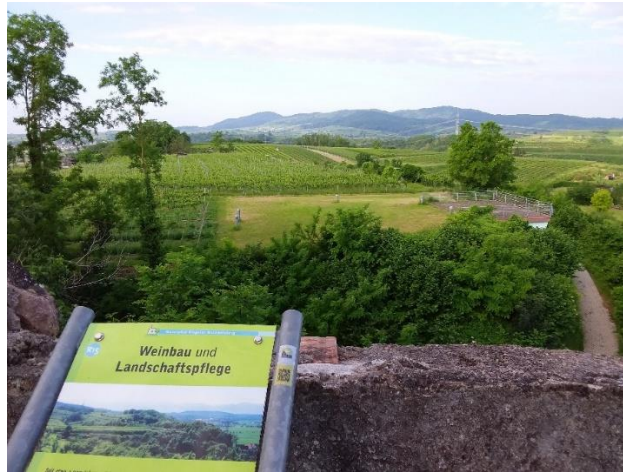


- KONZEPTSTUDIE-
Oktober 2025

Agri-PV im Weinbau (Viti-PV)

Flächendoppelnutzung mit Viti-PV
in der Weinbauregion Kaiserstuhl am Beispiel Riegel a.K.



Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

badenova
Energie. Tag für Tag

B. Sc. Jana von Rechenberg
Dipl.-Ing. Armin Bobsien
Dipl.-Ing. (FH) Timo Beck
Mitwirkung: Dr. Hannah Finke

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungen und Begriffsdefinitionen	V
1. Einleitung.....	1
2. Agri-PV und Viti-PV.....	3
3. Warum Viti-PV	6
3.1. Entschärfung des Flächennutzungskonfliktes	6
3.2. Energieversorgungssicherheit	7
3.3. Weinbau in Zeiten des Klimawandels	8
3.4. Klimaanpassungspotentiale von Viti-PV.....	9
3.5. Klimaschutzbeitrag in Riegel	10
4. Untersuchungsrahmen der Konzeptstudie	12
4.1. Ziele und Inhalte der Konzeptstudie	12
4.2. Projektteam und Stakeholder	14
4.3. Zeitlicher Ablauf	14
4.4. Hinweise zur Vorgehensweise.....	16
4.5. Untersuchungsgebiet	18
5. Ergebnisse der Arbeitspakete der Konzeptstudie	21
5.1. AP1 – Anforderungen Technik / Weinbau / Pflanzenbau	21
5.1.1 Integration von Umstrukturierungsmaßnahme und Erstellung der Anlage, Rückbauoptionen	24
5.1.2 Standorteigenschaften und Bodenvorbereitung.....	25
5.1.3 Anforderungen im Weinbau.....	26
5.1.4 Anforderungen im Pflanzenbau	27
5.1.5 Netzeinspeisepunkte	31
5.1.6 Fazit für Riegel	34
5.2. AP2 – Planung und Baurecht	35
5.2.1 Anlagenplanung.....	35
5.2.2 Baurecht	39
5.3. AP3 – Bautechnik – Kriterien zur Anlagenauswahl und bautechnische Anlagenkomponenten 44	
5.3.1 Kriterien aus bautechnischer Sicht zur Auswahl einer geeigneten Anlage	44
5.3.2 Bautechnische Komponenten der Agri-PV Anlage	46
5.3.3 Viti-PV Anlage Riegel – Ziele und Planungsstand	50
5.3.4 EXKURS: Holz- und Kammertbau	52
5.3.5 Fazit für Riegel	58
5.4. AP4 – Module	58

5.5.	AP5 – Optimierungspotenzial durch elektronische Steuerung / Nachführung.....	63
5.6.	AP6 – Hagelschutz	65
5.7.	AP7 – Monitoring Konzept	69
5.8.	AP8 – Akzeptanzforschung	72
	5.8.1 Akzeptanz für erneuerbare Energien	72
	5.8.2 Förderung der Akzeptanz für das Pilotprojekt in Riegel.....	73
5.9.	AP9 – Wirtschaftlichkeitsberechnung	77
	5.9.1 Optionen der Stromvergütung	78
	5.9.2 Konzeptionelle Überlegungen hinsichtlich Veräußerungsformen und Betreibermodell.....	80
	5.9.3 Potentielle Möglichkeiten der Stromnutzung / Veräußerungsformen am Standort Riegel	81
	5.9.4 Kostenschätzung (Baukosten der Anlage)	87
	5.9.5 Berechnung der Wirtschaftlichkeit.....	94
	5.9.6 Betrieb der Versuchsanlage	96
	5.9.7 Organisation des Betriebs	97
6.	Zusammenfassung und Ergebnis.....	99
7.	Danksagung	111
	Literaturverzeichnis.....	V
	Anhang	i

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die mögliche synergetische Wirkung von Viti-PV Anlagen für den Klima- und Umweltschutz sowie die Klimafolgenanpassung im Weinbau.....	10
Tabelle 2:	Übersicht über die im Rahmen der Konzeptstudie bearbeiteten Arbeitspakete	13
Tabelle 3:	Übersicht der Rebparzellen nach Sorten / Pflanzjahr.....	19
Tabelle 4:	Schematischer Zeitplan der Abfolge der Umstrukturierungsmaßnahmen	24
Tabelle 5:	Anforderungen an PAR	29
Tabelle 6:	Darstellung der landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten in Agri-PV-Anlagen der Kategorie I und Kategorie II.....	37
Tabelle 7:	Übersicht der Vor- und Nachteile von Modultypen	61
Tabelle 8:	Kriterium bei der Auswahl des Transparenzgrads der Module	62
Tabelle 9:	Beteiligungsformen.....	73
Tabelle 10:	Vergütungsform und Anforderungen PV-Anlagen	79
Tabelle 11:	Übersicht über mögliche Stromnutzungsmöglichkeiten und Veräußerungsformen Viti-PV-Riegel.....	87
Tabelle 12:	Vorkalkulation Viti-PV in Riegel	93
Tabelle 13:	Übersicht über die im Rahmen der Konzeptstudie erarbeitenden Ergebnisse	100

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Idee der Agri-PV in 1981 [Quelle: Goetzberger / Zastrow 1981].....	3
Abbildung 2: Versuchsanlagen in UR Pech Rouge, Gruissan 2016 & 2017 (links) und in Piolenc 2019 & 2020 (rechts) in Südfrankreich.....	4
Abbildung 3: Übersicht über die Hintergründe und die möglichen Beiträge einer Viti-PV Anlage in Riegel.....	6
Abbildung 4: Landnutzungseffizienz.....	7
Abbildung 5: Trauben mit Sonnenbrand.....	8
Abbildung 6: Umgebung des Standorts Riegel und Bezugspunkte.....	18
Abbildung 7: Einzelflächen für das geplante Pilotprojekt in Riegel.....	19
Abbildung 8: Spätburgunder mit 2,60 m Gassenbreite (Alter 39 Jahre).....	20
Abbildung 9: Blick vom Hochbehälter auf Fläche 1 (Weißburgunder, Neuanpflanzung 2020, Gassenbreite 2 m).....	20
Abbildung 10: Viti-PV Fixinstallation – Einzelausführung.....	22
Abbildung 11: Viti-PV Fixinstallation – Reihenüberspannt.....	22
Abbildung 12: Viti-PV Fixinstallation mit Tracking System.....	22
Abbildung 13: Viti-PV Einzelreihenausführung mit klappbaren Modultischen.....	23
Abbildung 14: Viti-PV mit nachgeführten Solarmodulen auf einer reihenüberspannenden Tragwerksunterkonstruktion.....	23
Abbildung 15: Der Ostabfall des Michaelberges – Löss als idealer Weinbaustandort.....	25
Abbildung 16: Pilotprojekte in Süd-Frankreich.....	28
Abbildung 17: Historische Wachstumsdaten in Eichstetten (oben), BBCH-Stadien (Mitte).....	29
Abbildung 18: Dummy-Installation Viti-PV Riegel.....	30
Abbildung 19: Potentielle Netzeinspeisepunkte.....	33
Abbildung 20: Darstellung zu Kategorie I.....	38
Abbildung 21: Grundlage der Baugenehmigung einer Agri-PV Anlage.....	39
Abbildung 22: Ablauf bis zur Baugenehmigung in Form eines öffentlich-rechtlichen Vertrages.....	43
Abbildung 23: Streifenfundamente.....	46
Abbildung 24: Erdschraubanker z.B. Krinner, BTEC bis 1,6 m Tiefe.....	47
Abbildung 25: Stahlrammprofile und eingerüttelte Stahlrohre.....	47
Abbildung 26: Spinnanker.....	48
Abbildung 27: Beispiel Heggelbach.....	49
Abbildung 28: Draufsicht auf die Konstruktion der Flächen 2 + 3.....	51
Abbildung 29: Schnittzeichnung Reihenüberspannte Konstruktion der Flächen 2 + 3.....	51
Abbildung 30: Rekonstruktion einer Kammertanlage.....	53

Abbildung 31: Dünnschicht-Module.....	59
Abbildung 32: Bifaziale Module – Schaubild	60
Abbildung 33: Bifaziale Module	60
Abbildung 34: Partial transparente Module der Agri-PV-Anlage im Obstbau des Fraunhofer ISE	60
Abbildung 35: Zunahme der Hagelereignisse 1979.-2015	66
Abbildung 36: Großflächig verhagelte Reben im Markgräflerland [Quelle: Vereinigte Hagelversicherung VvaG 2023]	67
Abbildung 37: Versicherungsdichte der Landwirtschaft – Hagelversicherung	68
Abbildung 38: Whailex Hagelschutznetz [Quelle: Whailex - WAGNER GMBH Hydraulik + Antrieb 2025	68
Abbildung 39: Energiepotentialstudie Gemeinde Riegel 2021	81
Abbildung 40: Vorschlag der Leitungsführung von der Viti-PV Anlage zur Heizwärmezentrale RIEGLER Lofts®	84
Abbildung 41: Erzeuger-Verbraucher-Genossenschaft.....	86
Abbildung 42: Investitionskostenpanne (CAPEX) verschiedener PV-Freiflächenanlagen	89
Abbildung 43: Betriebliche Organisation der Viti-PV Anlage in Riegel.....	97

Abkürzungen und Begriffsdefinitionen

Anisotropie	Richtungsabhängigkeit einer Eigenschaft (Gegenteil: Isotropie)
AP	Arbeitspaket
Agri-PV	Doppelnutzung der Fläche (Landwirtschaft und Stromerzeugung)
Agri-PV Anlage	PV Anlage zur Stromerzeugung auf einer Agrarfläche
BauGB	Baugesetzbuch - zentrales Gesetz des deutschen Bauplanungsrechts
Bonitur	Fachgerechte, qualitative Beurteilung und Erfassung von Merkmalen bei Objekten in der Landwirtschaft und im Forst
B-Plan	Bebauungsplan - Verbindlicher Bauleitplan; legt fest, wie Grundstücke in einem bestimmten Gebiet genutzt und bebaut werden dürfen
FFA, FFA-Anlage	Freiflächenanlage; PV Anlage auf einer Freifläche
ISE	Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg
landwirtschaftliche Fläche	Acker-, Weide- oder Dauergrünland genutzte Fläche
lichte Höhe (DIN SPEC 91434:2021-05)	Freier vertikaler Bereich zwischen dem Grund der Landwirtschaftlichen Nutzungsfläche und der Unterkante des niedrigsten Konstruktionselements unter Eigengewichtsverformung
Lichtraum (DIN SPEC 91434:2021-05)	Raum für uneingeschränkte Durchfahrt oder Durchgang
PAR	Photosynthetisch aktive Strahlung
periurban	Schnittstelle zwischen urbanem und ländlichem Raum
PV	Photovoltaik
Solarpaket I	Gesetzespaket d. Bundesregierung seit Mai 2024 in Kraft
Viti-PV	Spezielle Form der Agri-PV (Sonderkultur Weinbau, Viti = Wein)
WBI	Staatliches Weinbauinstitut, Freiburg

1. Einleitung

Unsere Welt ist aktuell mit multiplen Krisen konfrontiert. Klimawandel, Erderhitzung, Kriege, politische Herausforderungen, instabile Verhältnisse, populistische Regierungen und unberechenbare Machthaber gefährden Leben und Lebensqualität der Menschheit. Eng verknüpft damit ist auch die Frage nach der Energiewende, hin zu einer nicht-fossilen dezentralen Energiewirtschaft. Damit verbunden ergibt sich die Fragestellung, wie der Ausbau von erneuerbaren Energien zügig, aber auch natur- und gesellschaftsverträglich unter Berücksichtigung des Erhalts und des Schutzes der Landwirtschaft gelingen kann. In der folgenden Konzeptstudie wird der Blick auf die Erzeugung von erneuerbarer Energie in der Landwirtschaft –speziell im Weinbau gerichtet.

Der Weinanbau ist eine wichtige Sonderkultur in der sonnenreichen Oberrheinregion. Der rasch vorschreitende Klimawandel stellt bereits heute die Winzer:innen vor große Herausforderungen. Dazu zählen Trockenperioden, starke Sonneneinstrahlung, Spätfrost und Hagel. Weinreben und die Qualität der hier produzierten Weine können hierdurch negativ beeinflusst werden.

Viti-Photovoltaik Anlagen (kurz Viti-PV Anlagen), also PV Anlagen im bewirtschafteten Weinberg, können potentiell einige dieser negativen Klimafolgewirkungen abmildern und gleichzeitig einen Beitrag zur Energiewende und so zum Klimaschutz leisten.

Ausgehend von einer Initiative eines lokalen Winzers in Riegel wurden im Sommer 2020 durch vier Ehrenamtliche erste Voruntersuchungen zur Planung einer Viti-PV Anlage in Riegel durchgeführt. Ergebnis dieser Vorstudie war, dass großes Interesse an einer Pilot-Viti-PV Anlage Riegel besteht, es jedoch an Fachkenntnissen und Praxiserfahrung fehlt. Aufgrund des Pilotcharakters einer solchen Anlage war klar, dass es im Vorfeld der Umsetzung einer intensiven Beschäftigung mit der Thematik bedarf. Den vielen unbeantworteten Fragen sollte mittels dieser Konzeptstudie begegnet werden.

2021 haben sich die vier Autor:innen der hier vorliegenden Konzeptstudie zusammengefunden. Damals gab es in Deutschland noch keine Viti-PV Anlagen, sodass sich vielfältige Fragestellungen hinsichtlich der Anlagenkonzeption sowie der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit ergaben. Zur Prüfung der Machbarkeit einer Pilotanlage in Riegel, wurde mit Fördermittel des badenova Innovationsfonds nachfolgende Konzeptstudie erstellt. In der Zwischenzeit sind parallel die ersten Viti-PV Pilot-Anlagen in Deutschland umgesetzt worden und in Betrieb gegangen.

Fragen und Ziele zur Konzeptstudie Agri-PV im Weinbau - Flächendoppelnutzung mit Viti-PV:

- Projektrisiken minimieren (Untersuchung zur technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit)
- Kostenschätzungen für Bau, Betrieb und Monitoring einer Pilotanlage
- Anforderungen an eine Viti-PV Anlage im Weinbau
- Geeignete PV-Module, Steuertechnik und Modul-Tragkonstruktion identifizieren
- Anlagenkonzeption und Vorplanung erstellen
- Baurechtliche Fragen klären
- Mögliche Betreiber- und Geschäftsmodelle für den Betrieb untersuchen

Folgende, weitere Punkte standen zu Beginn der Konzeptstudie im Fokus

- Die Machbarkeit von kleinen Agri-Photovoltaik Anlagen im Weinberg demonstrieren

- Wirtschaftlichkeit für kleinen, privaten Betreiber oder Winzer, ggf. mit Fördermitteln
- Insbesondere die Ansprüche des Weinbaus berücksichtigen
- Im Idealfall die Pflanzengesundheit fördern
- Schaffung von Akzeptanz bei allen Stakeholdern
- Beitrag zur lokalen Energiewende leisten, möglichst in Kooperation mit der Gemeinde und der örtlichen Bevölkerung
- Beteiligung der lokalen Bevölkerung am Projekt und am Anlagenbetrieb sowie am Benefit

Aufbau der Konzeptstudie:

Im Anschluss an das einleitende, erste Kapitel folgt in den Kapiteln 2 und 3 zunächst eine Einführung in den Themenkomplex Agri-Photovoltaik - speziell in die Themen Energieversorgungssicherheit, Klimaschutz und Klimafolgenanpassung im Weinbau. In Kapitel 4 wird der Untersuchungsrahmen der Konzeptstudie erläutert. Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete der Konzeptstudie inklusive technischer und wirtschaftlicher Überlegungen sind in Kapitel 5 zusammengefasst. Abschließend werden Ergebnisse des Projektteams in Kapitel 6 zusammengefasst. Im Anhang sind bisherige Presseberichte über das Viti-PV Projekt in Riegel zusammengestellt sowie drei Steckbriefe von zwischenzeitlich realisierten Viti-PV Pilotanlagen.

2. Agri-PV und Viti-PV

Die begrenzten Landesflächen der Bundesrepublik Deutschland ist stark begehrt. Mehr als die Hälfte der Gesamtfläche der Bundesrepublik wird landwirtschaftlich genutzt. Die Flächen stehen in Konkurrenz zum Wohnungsbau, (Verkehrs-) Infrastruktur Naturschutz und vieler weitere Interessenten nicht zuletzt auch zum steigenden Flächenbedarf für die Erzeugung erneuerbarer Energien. Mit der weltweit wachsenden Population steigt auch der Bedarf an landwirtschaftlicher Nutzfläche. Der Landflächennutzungskonflikt schärft sich weiter zu [Helmholtz 2018].

Agri-Photovoltaik, kurz Agri-PV als Lösungsansatz im Flächennutzungskonflikt

Agri-PV beschreibt die parallele und synergistische Nutzung landwirtschaftlicher Flächen zur Lebens- oder Futtermittelproduktion bei gleichzeitiger Stromerzeugung. Die Doppelnutzung der Fläche bietet nicht nur eine Chance in der Entschärfung des Flächennutzungskonfliktes, sondern leistet auch einen Beitrag zur erneuerbaren Energiegewinnung (Klimaschutz). Darüber hinaus kann eine Agri-PV Anlage für die landwirtschaftliche Produktion zusätzliche Schutzfunktionen (Klimafolgenanpassung) übernehmen.

Eine erste Ideenskizze für Agri-Photovoltaik entstand bereits 1981 beim Fraunhofer Institut für Energiesysteme (siehe Abb.1) [Goetzberger / Zastrow 1981]. Die Verbilligung bei der Herstellung von PV-Solar-Modulen führte seit Mitte der 2000er Jahre zunächst zur experimentellen Nutzung in der Landwirtschaft und wurde dann durch staatliche Förderprogramme besonders in Japan (seit 2013), China (seit ca. 2014), Frankreich (seit 2017), den USA (seit 2018) und zuletzt Korea vorangetrieben. Mittlerweile ist eine starke Dynamisierung der bei der Entwicklung der Agri-PV-Systeme weltweit zu beobachten. So hat sich die APV-Fläche zwischen 2012 – 2021 von 5 MWp (2012) auf mind. 14 GW (2021) vervielfacht [Fraunhofer ISE 2024].

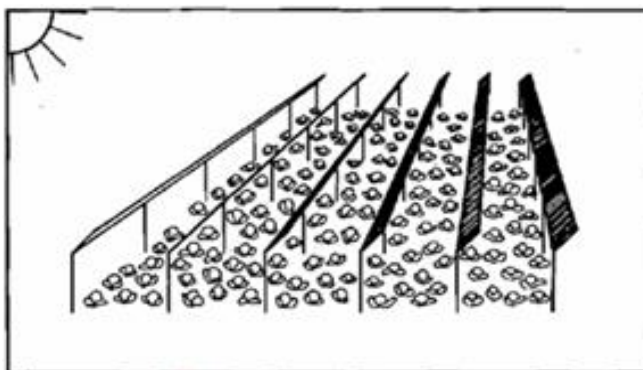


Abbildung 1: Idee der Agri-PV in 1981
[Quelle: Goetzberger / Zastrow 1981]

Auch in Deutschland schreitet die Entwicklung der Agri-PV voran. Erste experimentelle Pilotanlagen entstanden in Weihenstephan (2011/13) und in Hegelbach (2016). Agri-PV-Systeme mit Aufständigung und Bewirtschaftung von Dauer- und mehrjährigen Kulturen unter der Agri-PV Anlage wurden bisher in Deutschland im Obst- und Beerenanbau sowie über Feldfruchtkulturen realisiert.

Agri-PV im Weinbau in Europa und im Kaiserstuhl

Die Stromerzeugung durch PV bei weiterer Bewirtschaftung der Flächen für den Weinbau bezeichnet man als Viti-PV. Viti leitet sich aus dem lateinischen (Vitis) ab und bedeutet Wein/Weinbau (engl. Viticulture). In Europa wurden die ersten Viti-PV Anlagen seit Mitte der 2010er Jahre auf Versuchsflächen in Frankreich (siehe Abb. 2) und Italien entwickelt. Mittlerweile wurden auch in Deutschland die ersten Viti-PV Pilotanlagen realisiert. Die erste Viti-PV Anlage entstand 2023 mit Unterstützung des badenova-

Innovationsfonds in Freiburg-Munzingen. Ebenfalls 2023 konnten an der Hochschule Geisenheim eine erste Agri-PV Anlage zu Forschungszwecken realisiert werden, gefolgt 2024 von einer zweiten konzeptionell unterschiedlichen Versuchsanlage. Die zweite Viti-PV Versuchsfläche in Baden-Württemberg entstand 2024 auf dem Versuchsweingut Blankenhornsberg des Weinbauinstitutes in Ihringen (siehe Anhang). Zwei weitere Anlagen (Riegel und Oberkirch) befinden sich derzeit noch im Planungs- und Realisierungsstadium.



Abbildung 2: Versuchsanlagen in UR Pech Rouge, Gruissan 2016 & 2017 (links) und in Piolenc 2019 & 2020 (rechts) in Südfrankreich

[Quelle: Tiffon Terrade et.al. 2021]

Viti-PV Pilotanlagen in Baden-Württemberg und Rheinlandpfalz

Die Idee zur Entwicklung einer Viti-PV Pilotanlage in Riegel entstand 2019 im Rahmen einer Projektarbeit bei der Fortbildung „Kommunales Energie- und Klimaschutzmanagement“ des Instituts ifpro und fesa e.V. Bei Beantragung der Förderung der Konzeptstudie „Viti-PV in Riegel“ bei dem badenova Innovationsfonds (Oktober 2020) war dem Projektteam kein weiteres in Planung befindliches Viti-PV Projekt bekannt. Dies änderte sich jedoch noch im selben Monat, nachdem das Projektteam von der Wirtschaftsförderung des Landkreises Emmendingen eingeladen wurde, sich im Rahmen des Landeswettbewerbes „RegioWIN 2030“ mit der Idee als „Teilprojekt Viti-PV“ zu bewerben. Im Verlaufe der Projektantragsstellung lernten das Projektteam weitere Winzer:innen aus der Ortenau (Standort Oberkirch) und dem Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald (Standort Munzingen) kennen, die sich mit der gleichen Projektidee beschäftigten. Unter der Federförderung der Wirtschaftsförderung Emmendingen wurden schließlich im Dezember 2020 u.a. Fördermittel für die Entwicklung von drei Viti-PV Pilotanlagen im Rahmen des Landeswettbewerbes RegioWIN 2030 beantragt. Der Antrag wurde im Mai 2021 positiv beschieden [Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2021]. Die zweite Förderantragsstufe wurde im April 2022 bei der Landesbank Baden-Württemberg eingereicht. In dieser Version wurde auch die Entwicklung einer weiteren Pilotfläche im Versuchsweingut Blankenhornsberg in Ihringen inkludiert. Diese Fläche gehört dem Weinbauinstitut Freiburg und ist primär zur wissenschaftlichen Begleitforschung vorgesehen. Alle vier Pilotanlagen sollen im Zeitraum 2022-25 gebaut werden.

Im Rahmen der Konzeptstudie hat das Projektteam parallel von der Entwicklung eines weiteren Viti-PV Pilotprojektes in Hessen erfahren. Diese Pilotanlage wurde mittlerweile auf dem Versuchsgelände der Hochschule Geisenheim realisiert.

Gemeinsamer Schwerpunkt der oben aufgeführten Viti-PV Projekte in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz ist, dass sie als Versuchs- und Pilotanlagen im Weinbau konzipiert wurden, um wichtige

weinbauliche und anlagentechnischen Fragestellungen zu beantworten. Auch unter dem Aspekt der Berücksichtigung des Anliegens der Marktentwicklung und Akzeptanzforschung wurden die Projekte öffentlich gefördert.

In Baden-Württemberg wurde die Erstellung von Viti-PV Versuchsanlagen maßgeblich über den Landeswettbewerb „*RegioWIN 2030*“ durch das Wirtschaftsministerium im Rahmen des Projektes „*Weinbau 4.0*“ z.T. über europäische Fördermittel aus dem EFRE-Regionalfonds gefördert. Teil des Projektes „*Weinbau 4.0*“ ist die Errichtung eines gleichnamigen Kompetenzzentrums, welches Koordinationsaufgaben bei der Projektumsetzung, der Zusammenarbeit der Projektpartner sowie des praxisorientierten Wissenstransfers übernimmt. Das Kompetenzzentrum Weinbau 4.0 wurde 2023 in Emmendingen eingerichtet [Weinbau 4.0 2023]. Wichtige Partner sind u.a. das Weinbauinstitut Freiburg (WBI) im Bereich Weinbau-Monitoring sowie das Institut für Solare Energiesysteme (ISE) im Bereich der Anlagenentwicklung und Erprobung.

In Rheinland-Pfalz erfolgt die finanzielle Förderung ebenfalls teilweise über europäische Fördermittel im Rahmen von EFRE (Agri-PV-Weinbau4Real) sowie EFRE-REACT (apparative Ausstattung) und über das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (VitiVoltaic4Future). Die Bereitstellung von Versuchsflächen, die Planung und Realisierung der Viti-PV Pilotanlagen sowie wissenschaftliche Begleitforschung wird im Rahmen von Forschungsaktivitäten der Hochschule Geisenheim koordiniert. Eine entsprechende Webseite, die über Fortschritte bei der Viti-PV Erprobung berichtet, wurde 2023 eingerichtet [Hochschule Geisenheim 2023].

3. Warum Viti-PV

Die Technologie der Agri-PV hat sich auch in Deutschland in den letzten Jahren dynamisch entwickelt und ist angesichts der Versäumnisse der Merkel-Ära beim Ausbau von erneuerbaren Energien auf großes Interesse der Wirtschaft, der Politik und der Medien gestoßen. Bei der Konzeption von Viti-PV Anlagen handelt es sich um Projekte mit hohem Innovationspotential und mit Berührungspunkten zu den vier zentralen Themenfeldern Energieversorgungssicherheit, Klimaschutz, Landnutzungskonflikte und Klimaanpassung (siehe Abb. 3). Als Doppelnutzungssystem für die Stromerzeugung (Photovoltaik) und Lebensmittelproduktion auf derselben Fläche bietet Agri-PV/Viti-PV eine Möglichkeit zur effizienteren Landnutzung und zur Entschärfung bestehender Flächennutzungskonflikte. Gleichzeitig ergeben sich neue Chancen zur Nutzung von erneuerbaren Energiepotentialen in Verbindung mit einer Steigerung der regionalen Wertschöpfung zur Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes [Fraunhofer ISE 2020a].



Abbildung 3: Übersicht über die Hintergründe und die möglichen Beiträge einer Viti-PV Anlage in Riegel [Quelle: bnNetze GmbH 2021, Fraunhofer ISE 2020a, Messerschmidt 2023, Andreas Arnold, dpa-infocom GmbH 2019]

3.1. Entschärfung des Flächennutzungskonfliktes

Baden-Württemberg gehört mit 311 Einwohnern je km² zu den am dichtest besiedelten Gebieten in der Europäischen Union (EU 27, 106 Einwohner je km²). Der Bevölkerungszuwachs zwischen 1950 (6.4 Mio. Einwohner) und 2020 (11.1 Mio. Einwohner) führte zu einer Ausweitung der Siedlungs- und Straßenflächen und damit zu einer Abnahme der landwirtschaftlichen Nutzfläche im selben Zeitraum um 26 Prozent [Infodienst Landwirtschaft – Ernährung – Ländlicher Raum 2020]. Aktuell beträgt der Verlust an landwirtschaftlicher Nutzfläche in Baden-Württemberg pro Tag um 5.4 ha aufgrund des steigenden Bedarfs an Wohn-, Gewerbe- und Verkehrsflächen [Landesnatschutzverband Baden-Württemberg e.V. 2021].

Entlang der B3 zwischen Freiburg und Offenburg wachsen die Siedlungsgebiete immer dichter zusammen. So besteht die Gesamtstrecke von 68 km mittlerweile aus 50,3 km Siedlungsflächen und nur noch 17,7 km aus Freiraum [BUND Regionalverband Südlicher Oberrhein 2016]. Bei Planungen zum Stadtteil Dietenbach im Westen von Freiburg kam es zu massiven Protesten von Landwirten, weil den betroffenen Landwirten keine Ersatzflächen zur Verfügung gestellt werden konnten und Flächenverluste teilweise existenzbedrohend für einzelne Betriebe sind [BI Pro Landwirtschaft und Wald 2021]. Gerade in dicht besiedelten Regionen mit hoher Flächenkonkurrenz besteht Handlungsdruck zur Entschärfung des Landnutzungskonfliktes: hier kann die Entwicklung der Agri-PV einen bedeutenden Beitrag leisten (siehe Abb. 4).

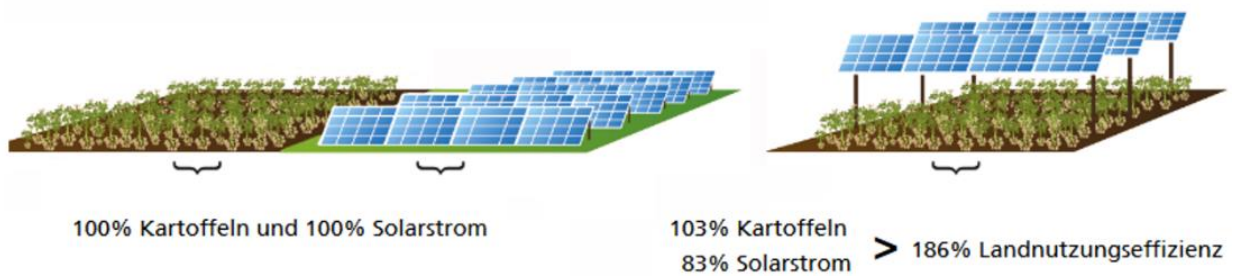


Abbildung 4: Landnutzungseffizienz
[Quelle: Fraunhofer ISE 2020a]

Dabei ist wichtig zu erwähnen, dass lediglich maximal 4 Prozent der landwirtschaftlichen Flächen benötigt werden, um den vollständigen PV-Ausbaubedarf in Deutschland zu decken [Fraunhofer ISE 2024]. Oder anders ausgedrückt: Es können 60.000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche erhalten werden anstelle diese für den Ausbau von PV-Freiflächenanlagen umzuwidmen [Schindele 2021]. Von großer Bedeutung ist hierbei eine dezentrale, deutschlandweite Verteilung der Stromerzeugungsanlagen. Bei einer einseitigen Konzentration im Norden müssten gleichzeitig Wind- und Solarstrom über große Entfernungen transportiert werden. Das bedeutet, es ist genauso wichtig in Südbaden den Ausbau erneuerbaren Energien voranzubringen wie im Norden Deutschlands. Demgegenüber kann durch die Erzeugung und Nutzung von Solarstrom direkt vor Ort der Bezug von teurem Netzstrom und damit die Gesamtausgaben für Strom regional reduziert werden. Landwirtschaftsbetriebe können finanzielle Vorteile aus der Nutzung von Eigenstrom generieren oder zusätzliche Einkommensmöglichkeiten durch die Vermarktung von Überschussstrom erschließen, wo sie im Bereich der Nutzung von PV-Dachanlagenstroms bereits frühzeitig positive Erfahrungen sammeln konnten.

3.2. Energieversorgungssicherheit

Im Jahr 2021 betrug der Anteil des in Baden-Württemberg erzeugten Stromes am Gesamtstromverbrauch ca. 73 %, d.h. 27 % wurden durch Stromimporte aus anderen Bundesländern bzw. dem Ausland gedeckt [Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2022]. Mit dem Atomausstieg 2023, dem geplanten Kohleausstieg bis 2038 sowie dem Wegfall preisgünstigen Erdgases, wird sich die Eigenversorgungslücke im Strombereich signifikant vergrößern. Im Jahr 2023 betragen die Stromimporte bereits 40%, da die Eigenstromerzeugung im Vergleich zum Vorjahr um 31% rückläufig war (Abschaltung Kernkraftwerke, Halbierung der Steinkohleverstromung und Reduzierung der Erdgasverstromung in der Folge des Ukraine-Krieges) [Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2024]. Aus der Sicht der Energieversorgungssicherheit ist daher der regionalen Entwicklung von erneuerbaren Energiepotentialen nicht nur aus Klimaschutzgründen hohe Priorität einzuräumen. Um die Sektorziele bis 2030 bzw. 2040 zu erreichen und die Stromversorgungslücke zu decken, ist alleine ein jährlicher PV-Zubau von ca. 1.170 MWp notwendig [Frontal21 2020].

Bei der Transformation zu klimaneutralen Gemeinden in Südbaden könnte die gleichzeitige Nutzung von Agrarflächen zur Nahrungsmittel- und zur Stromerzeugung im periurbanem Raum eine wichtige Teillösung darstellen, zumal Agri-PV auch Synergieeffekte im Bereich der Klimaanpassung und in der Landwirtschaft (insbesondere bei Sonderkulturen z.B. Beerenobst/Viti-PV) bietet. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass größere Städte wie z.B. die Stadt Freiburg, aber vielfach auch kleinere Gemeinden in der Region, nicht über genug eigene PV-Dachflächenpotentiale verfügen, um ihren Strombedarf in der Zukunft zu decken [Öko-Institut e.V. 2019]. Gerade kleinere Gemeinden in der Oberrheinebene

könnten ihrem Auftrag zur kommunalen Daseinsvorsorge dadurch Rechnung tragen, wenn Flächenbesitzer:innen bisher ungenutzte Solarenergiepotentiale auf geeigneten Landwirtschaftsflächen erschließen würden.

3.3. Weinbau in Zeiten des Klimawandels

Auch wenn in den vergangenen zwei Dekaden die regionalen Winzer:innen überwiegend vom Klimawandel profitieren konnten, so wirken sich mittlerweile die Schattenseiten des Klimawandels zunehmend ungünstig auf den Weinbau am Kaiserstuhl aus. Die Klimakrise ist mittlerweile auch im Weinberg angekommen.

Die Weinbauregion Kaiserstuhl liegt im Oberrheingraben, der von der Klimaerhitzung am stärksten betroffenen Region Mitteleuropas. Der durchschnittliche Anstieg der Jahresmitteltemperatur seit Beginn der Temperaturmessungen 1881 beträgt im Landkreis Emmendingen ca. 2,5°C [Parlow 2016] und liegt damit deutlich über dem globalen Anstieg von 1,1°C als auch dem Anstieg von 1,5°C der Jahresmitteltemperatur Baden-Württembergs. In Baden-Württemberg hat sich in den letzten 30 Jahren die Anzahl der „Heißen Tage“ ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) von 5 auf 10 Tage verdoppelt und die Anzahl der „Sommertage“ ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) von 31 auf 45 erhöht [Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg/LUBW 2020]. Für das Klimaszenario „Nahe Zukunft“ (2021-2050) wird für den Weinort Riegel mit einer weiteren Verdopplung der Hitzetage von 12 auf 24 gerechnet und einer weiteren Verdopplung im Klimaszenario „Ferne Zukunft“ (2071-2100) von 24 auf 48 Hitzetage [LoKlim 2021]. Gleichzeitig ist besonders in der letzten Dekade in Baden-Württemberg eine Verringerung der Sommerniederschläge um ca. 10% zu beobachten während zugleich in einer signifikanten Anzahl von Jahren im selben Zeitraum, die April Niederschläge zum Teil merklich abgenommen haben. In Verbindung mit steigenden Temperaturen im Frühjahr treten im Sommer als Folge vermehrt Wasserdefizite in den Böden auf.

Mit dem Klimawandel geht die Häufung von Extremwetterereignissen und eine Veränderung des Mikroklimas einher. Dazu zählen Spätfröste und Hagel sowie eine Zunahme von Hitze- und Trockenperioden. Die Globalstrahlung, d.h. die Summe aus direkter Solarstrahlung und diffuser Strahlung, hat



Abbildung 5: Trauben mit Sonnenbrand
[Quelle: Andreas Arnold, dpa-infocom GmbH 2019]

zugenommen und führt in Kombination mit den steigenden Temperaturen zu merklichen Verschiebungen in der Phänologie, welche die Weinproduktion und die Weinqualität negativ beeinflussen können. Dazu kommen neue Schädlinge, die eingeschleppt wurden (z.B. Kirschessigfliege) und sich unter den veränderten Klimabedingungen ausbreiten und die Winzer:innen vor neue Herausforderungen beim Pflanzenschutz stellen. Im Detail führt die zunehmende Hitze in der Vegetationsperiode zu vermehrtem Zucker- und so auch zu überhöhtem Alkoholgehalt der Weine. Seit dem Rekord-Hitzejahr 2003 wurden bedingt durch die hohe Sonneneinstrahlung mehrfach Alkoholgehalte zwischen 14,0 und 15,5 Prozentvolumen erreicht. Dies ist speziell für die Weine der Oberrheinregion untypisch und nicht gewünscht. Außerdem beeinflussen die vermehrt auftretenden sommerlichen Hitzeperioden

den Säuregehalt ungünstig mit der Folge, dass die Weine an wertvollem Aroma verlieren [Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2020].

Eine weitere Folgeauswirkung der hohen Temperaturen bei der Traubenreife besteht in der Beschleunigung von Pilzinfektionen, wie z.B. der Botrytis, und zu einer Beschleunigung von Essigfäule. Bei einem beschleunigten Ablauf infolge hoher Temperaturen können z.B. Botrytis und Essigfäule negative Auswirkungen haben, die zu ausgeprägten Weinfehlern führen. Um diesen Qualitätsproblemen bei der Weinproduktion vorzubeugen, müssen Winzer:innen die Weinlese zeitlich vorziehen. Teilweise wurden in den letzten Jahren Spätburgunder in warmen Lagen bereits Ende August geerntet anstatt wie üblich im Oktober. Aus Qualitätssicherungsgründen muss die Weinlese in relativ kurzer Zeit durchgeführt werden, was zu hohen Arbeitsbelastungen der lokalen Winzer:innen und Erntehelfer:innen führt.

Negativ wirkt sich der Klimawandel auch auf den Wasserhaushalt im Weinberg aus: Die Verringerung bei Winter- und Frühlingsniederschlägen führen zunehmend zu einem angespannten Bodenwasserhaushalt bereits im Frühsommer. Treten dann zusätzlich Hitze- und Trockenperioden im Sommer auf trocknen die ohnehin schon unterversorgten Böden weiter aus. Zunehmend kommt es durch die erhöhte Sonneneinstrahlung zu Sonnenbrand (siehe Abb. 5) an den Trauben und infolgedessen zu Ertrags- und Qualitätseinbußen. In geringmächtigen Oberböden mit begrenztem Wasserspeichervolumen an exponierten Südlagen ist bereits heute der Weinbau am Kaiserstuhl immer häufiger nur noch mit künstlicher Bewässerung möglich.

Der Klimawandel im Weinberg sorgt auch für erhöhte Risiken von Frost- und Hagelschäden in der Traubenproduktion. Durch die höheren Frühjahrstemperaturen treiben die Weinreben früher aus, damit verlängert sich die Zeitdauer in denen die Reben durch Spätfröste gefährdet sind. Besonders zu Beginn der Vegetationszeit steigt die Gefahr von Frühlings- und Sommergewittern und damit einhergehend von Hagelschäden [LUBW 2012].

Hinzu kommt, dass sich aufgrund des Klimawandels die Klimazonen verschieben [Stock 2006]. Hierdurch werden zukünftig einige traditionelle, regionale Weinsorten nicht mehr, oder nur, wenn entsprechende Maßnahmen getroffen werden, zukunftssträftig angebaut werden können. Somit besteht Handlungs- und Anpassungsbedarf. Nur durch landwirtschaftliche und technische Anpassungen an die Folgewirkungen des Klimawandels und mittels einer standortgerechten Sortenauswahl, kann die Existenz gesichert und der Weinbau in der Oberrheinregion zukunftsicher fortbestehen [ifpro & fesa e.V. 2018].

3.4. Klimaanpassungspotentiale von Viti-PV

Gemäß dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft sollen der Klimaschutz und die Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel zukünftig einen größeren Stellenwert in der Agrarpolitik einnehmen [Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Heimat 2024]. Viti-PV Anlagen können bei der Sonderkultur Weinbau einen potentiellen Beitrag zur Klimafolgenanpassung leisten [Fraunhofer ISE 2024]. Ein Schwerpunkt bei der Errichtung der geplanten Viti-PV Pilotanlage in Riegel ist es, diese potentiellen Schutzwirkungen genauer zu untersuchen.

Prinzipiell lassen sich die potentiellen Schutzwirkungen von Viti-PV Anlage als Beitrag zur Klimaanpassung wie folgt beschreiben: Mit der Anordnung der PV-Module über den Rebzeilen ist eine verbesserte Schutzwirkung der Reben unter anderem vor Hagel und vor Sonnenbrand verbunden. Hierdurch kann

der ökonomische Aufwand für Hagelschutznetze und Kosten für die Hagelschutzversicherung reduziert werden. Zu erwarten ist außerdem eine Minimierung des Risikos potentiellen Ertrags – und Qualitätseinbußen bei der Traubenproduktion. Durch die verschattende Wirkung einer Viti-PV Anlage ist eine Verbesserung des Mikroklimas in den Rebpfanzungen zu erwarten, da einerseits die Verdunstung reduziert werden würde, was bei Hitze- und Trockenperioden sich vorteilhaft auswirken würde. Andererseits bietet eine PV Anlage auch Schutz vor übermäßiger Laubwandvernässung und könnte somit zu einer Reduzierung des Pilzdrucks in feuchteren Perioden beitragen (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Übersicht über die mögliche synergetische Wirkung von Viti-PV Anlagen für den Klima- und Umweltschutz sowie die Klimafolgenanpassung im Weinbau

PV als Schutzfunktion	Klimafolgenanpassung im Weinbau	Klima- und Umweltschutz
PV als Schutz vor Sonnenbrand/Strahlungsfrost	Schutz vor Ertragsausfällen	CO ₂ -Einsparung
PV mit integrierter Hagelschutzfunktion	Hagelschutz	Energieversorgungssicherheit
PV als Schutz vor Verdunstung	Trockenheits-Resilienz	Ökologisierung des Weinbaus (in Kombination mit dem Einsatz von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten und verringertem Spritzmitteleinsatz)
PV für Reifeverzögerung	Regulierung der Reifephasen	
PV als Schutz vor Laubwandbefechtung	Verbesserung des Mikroklimas	

[Quelle: Eigene Darstellung]

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Agri-PV im Weinberg (Viti-PV) als Symbiose aus Klimaschutz und Klimafolgenanpassung funktionieren kann. Die Winzer:innen müssen in Anbetracht des voranschreitenden Klimawandels handeln, sich anpassen und neue Lösungsstrategien suchen. Vor diesem Hintergrund besteht ein grundsätzliches Interesse an innovativen, nutzerorientierten Handlungsalternativen. Hier setzt die Konzeptstudie an und zeigt Wege und Lösungsmöglichkeiten auf.

3.5. Klimaschutzbeitrag in Riegel

Die Gemeinde Riegel (4.051 Einwohner, Stand: 31.12.2024) [Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2025] liegt in der am stärksten von der Klimaerwärmung betroffenen Region Mitteleuropas, dem Oberrheingraben. Die Gemeindeführung, Verwaltung und Gemeinderat von Riegel stimmen darin überein, dass auch kleine Gemeinden neue Aufgabenfelder wie Klimaschutz und Klimafolgenanpassung in die Verwaltungstätigkeit integrieren müssen.

Die Gemeinde Riegel hat 2019 die Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes und die Einrichtung eines örtlichen Klimaschutzmanagements beschlossen. Hierdurch wurden die personellen, finanziellen und organisatorischen Voraussetzungen für eine Verankerung des Klimaschutzes in der Gemeinde geschaffen. Die Untersuchung des Ist-Zustands der Energieinfrastruktur und die erneuerbare-Energien-Potenziale der Gemeinde Riegel wurde im März 2021 abgeschlossen [bnNETZE GmbH 2021]. Die Ergebnisse bildeten einen wichtigen Orientierungsrahmen für die vorliegende Konzeptstudie. Umgekehrt wurde

die Klimaschutzmanagerin und die Verwaltung früh über die Projektidee einer Viti-PV Pilotanlage informiert und die Projektidee wurde im Maßnahmenkatalog des Klimaschutzkonzeptes aufgenommen [Gemeinde Riegel a.K. 2022].

Auf der Grundlage eines Gemeinderatsbeschlusses strebt Riegel an bis 2035 vollständig klimaneutral zu werden [Gemeinde Riegel a.K. 2022]. Hierzu ist u.a. ein zügiger Ausbau der vorhandenen erneuerbaren Energiepotentiale vorgesehen. Würden alle geeigneten Dachflächen mit PV Anlagen (inkl. der bestehenden Dachanlagen) belegt werden, könnten insgesamt ca. 56 % des derzeitigen Stromverbrauchs gedeckt werden [bnNETZE GmbH 2021]. Hier setzt Riegel auf die Entwicklung zusätzlicher PV-Freiflächenpotentiale entlang von Autobahn und Bahntrassen, da die auf der Gemarkung theoretisch vorhandenen Windkraftpotentiale bei der Ausweisung von Vorrangflächen im Regionalplan nicht mehr berücksichtigt wurden. Somit stellt die Entwicklung von Agri-PV Anlagen eine Möglichkeit für die ländliche Gemeinde Riegel dar, sich zumindest bilanziell bis 2035 mit 100% erneuerbaren Strom versorgen zu können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Strombedarf bis zum Jahr 2035 durch den Umstieg auf E-Mobilität und Wärme-Strom Sektorenkopplung im Gebäudebestand noch erheblich steigen wird. In diesem Zusammenhang möchte die Gemeinde Riegel frühzeitig die Umsetzung eines Real-Labors Viti-PV in Riegel unterstützen. So kann die Gemeinde beispielhaft im Klimaschutz vorangehen und ihre Rolle als Vorbild für die Bürger:innen wahrnehmen.

4. Untersuchungsrahmen der Konzeptstudie

Vor dem beschriebenen Hintergrund zum Klimawandel, der sich immer weiter verschärfenden Flächenkonkurrenzsituation und der Energieversorgung sowie den Klimaschutzbemühungen in Riegel entstand im Sommer 2020, initiiert durch den Klimaschutzmanager und Nebenerwerbsswinzer Armin Bobsien, die Idee zu einer Pilotanlage für Viti-PV auf seinen Rebflächen am Michaelsberg in Riegel. Die Vision war und ist eine Pilotanlage, welche die technische und wirtschaftliche Machbarkeit für Nebenerwerbsswinzer:innen untersucht und demonstriert. In Form eines Real-Labors sollen mögliche Ausführungen und dessen Auswirkungen auf den landwirtschaftlichen Betrieb aufgezeigt werden und, von einem Bildungsprojekt und Öffentlichkeitsarbeit begleitet, die Akzeptanz von Viti-PV/Agri-PV Anlagen stärken. Daraufhin fand sich ein Projektteam bestehend aus drei Teilnehmenden der Fortbildung „Kommunales Energie- und Klimaschutzmanagement“ um Armin Bobsien zusammen, um beim Innovationsfonds badenova im Herbst 2020 eine Projektförderung für die Erstellung einer Konzeptstudie zu beantragen.

Vorliegende Konzeptstudie legt als konkrete Machbarkeitsstudie zur praktischen Umsetzung einer Anlage an einem ausgewählten Standort in Riegel darauf Wert, das Thema über die theoretische Betrachtung hinaus in die Umsetzung zu bringen und dient so als Vorbereitung und erste Projektplanung zur Projektumsetzung. Auf dieser Basis ergibt sich folgender Untersuchungsrahmen:

- Definition Ziele und daraus abgeleitete Inhalte der Konzeptstudie (4.1.)
- Darstellung des Projektteams und Stakeholder (4.2.)
- Festlegung des Bearbeitungsrahmens mit Bezug zu Fristen relevanter Förderprogramme (4.3.)
- Beschreibung der Arbeitsweise (4.4.)
- Darstellung des Untersuchungsgebiets in Riegel (4.5.)

4.1. Ziele und Inhalte der Konzeptstudie

Im Rahmen einer Vorstudie (lag der Aufgabenschwerpunkt auf allgemeinen Fragestellungen und der Suche nach Basis-Informationen und Kontakten, um die Idee einer Viti-PV Pilotanlage grundsätzlich zu untersuchen [Beck / von Rechenberg / Finke 2020]). In einer zweiten Stufe soll im Rahmen der vorliegenden Konzeptstudie:

- die Projektidee in einer größeren Detailgenauigkeit untersucht und ergänzt werden,
- die technische Machbarkeit einer Viti-PV Pilotanlage auf dem Michaelsberg in Riegel,
- und deren wirtschaftliche Realisierbarkeit als Beitrag zum Klimaschutz- und der Klimaanpassung in Riegel untersucht werden.

Beim badenova Innovationsfonds wurde ein Förderantrag [Beck, T., von Rechenberg, J., Finke, H. und Bobsien, A. 2020] im Oktober 2020 eingereicht und im Mai 2021 bewilligt. Die Konzeptstudie soll es ermöglichen eine Entscheidung hinsichtlich der Realisierung einer entsprechenden Pilotanlage zu treffen. Hierzu ist es erforderlich, die mit einer Realisierung verbundenen Risiken zu minimieren. Gleichzeitig war es Intention, im Rahmen der Konzeptstudie die Kontakte zu ausgewählten Stakeholdern zu vertiefen und neue Kontakte zu knüpfen. Mit der Umsetzung einer Viti-PV Anlage möchte das Projektteam einen Beitrag zum Klimaschutz, zur Klimafolgenanpassung im Weinbau und zur bürgernahen Energiewende in Riegel leisten.

Die Konzeptstudie soll die folgenden Ansprüche an eine potentielle Viti-PV Anlage berücksichtigen:

- Demonstration der Machbarkeit eines Viti-PV Anlage
- Wirtschaftlichkeit für Kleinwinzer:innen als Betreiber (mit finanzieller Förderung)
- Ansprüche des Weinbaus und Ausrichtung auf die Pflanzengesundheit
- Beitrag zur lokalen Energiewende
- Leuchtturmprojekt in der Region und zur Nachahmung anregen
- Beteiligung der Bevölkerung (im Betreibermodell, durch Transparenz bei Planung und Bau, durch ein begleitendes Bildungsprojekt)

Vor diesem Hintergrund wurden die in Tabelle 2 dargestellte Arbeitspakete bearbeitet:

Tabelle 2: Übersicht über die im Rahmen der Konzeptstudie bearbeiteten Arbeitspakete

AP	Übergeordnetes Thema	Ziel/Fragestellungen
1	Anforderungen Technik / Weinbau / Pflanzengesundheit	Erarbeitung der spezifischen Anforderungen aus dem Weinbau
2	Planung und Baurecht	Genehmigungsprozess für eine Viti-PV Anlage in Riegel
3	Bautechnik – Kriterien zur Anlagenauswahl und bautechnische Anlagenkomponenten	Technische Aspekte zu den Vor-/Nachteilen verschiedener Tragwerks-Unterkonstruktionen, Grundkonzeption und Baustoffen für die Viti-PV Anlage in Riegel
4	Module	Modulwahl und -bewertung für die spezifischen Anforderungen der Viti-PV Anlage in Riegel
5	Optimierungspotenzial durch elektronische Steuerung / Nachführung	Analyse des Nutzens einer elektronischen PV-Steuerung im Hinblick auf Rebenentwicklung, Erntequalität und Wirtschaftlichkeit für das Viti-PV-Projekt in Riegel
6	Hagelschutz	Analyse des theoretischen Potenzials und der technischen Umsetzbarkeit der Viti-PV Anlage als Hagelschutzsystem
7	Monitoring Konzept	Ausarbeitung eines Überwachungskonzepts für die Viti-PV Anlage in Riegel
8	Akzeptanzforschung	Ausarbeitung von Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung und pädagogischen Nutzung der Viti-PV Anlage in Riegel
9	Wirtschaftlichkeitsberechnung	Untersuchung von (Alternative) Finanzierungs- und Co-Finanzierungsmodelle und Optionen, Optionen sowie Vor- und Nachteile unterschiedlicher Betreibermodelle, Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (finanzielle Machbarkeit) für das Viti-PV-Projekt in Riegel

[Quelle: Eigene Darstellung]

Die Ergebnisse der Arbeitspakete finden sich in Kapitel 5. Das final erarbeitete Betreibermodell für die geplante Viti-PV Anlage findet sich im AP 9 (Kapitel 5.9).

4.2. Projektteam und Stakeholder

Das Projektteam hat sich im Rahmen einer Fortbildung „Kommunales Energie- und Klimaschutzmanagement“ des fesa/ifpro im Jahr 2020 kennengelernt und im Zuge einer Projektarbeit, als Teil der Fortbildung, begonnen die Möglichkeit einer Viti-PV Anlage in Riegel zu prüfen. Aus dieser Vorstudie heraus entwickelte sich das Interesse die technische und wirtschaftliche Machbarkeit im Rahmen einer Konzeptstudie vertiefend zu untersuchen. Die Konzeptstudie wurde durch das Projektteam bestehend aus Armin Bobsien (Flächenbesitzer und Nebenerwerbsswinzer), Timo Beck, Jana von Rechenberg und Dr. Hannah Finke (2020 – 2023) erstellt.

Die Konzeptstudie wurde mit der Unterstützung folgender Institutionen und Partner:innen erarbeitet:

- Gemeinde Riegel
- Wirtschaftsförderungsgesellschaft (WEG), Landkreis Emmendingen
- Staatliches Weinbauinstitut (WBI), Freiburg
- Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE), Freiburg
- BürgerEnergie Kaiserstuhl eG (BEKA)
- Heidelberger Energiegenossenschaft eG (HEG)
- badenova Wärme Plus, Freiburg
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- INTECH GmbH & Co. KG, Kehl-Auenheim
- PV-Sachverständige e.V., Erlangen
- Firma Whailex, Ehrenkirchen
- Verschiedene Praktiker:innen im Bereich des PV Anlagenbaus

4.3. Zeitlicher Ablauf

Juni – November 2020: Vorarbeit

Im Rahmen der Aufgabenstellung einer Projektarbeit für die berufsbegleitende Fortbildungs- und Spezialisierungsmaßnahme („Kommunales Energie- und Klimaschutzmanagement (KEM)“ – Dauer März bis November 2020), wurden zur Erstellung der KEM-Projektarbeit erste Informationen und Daten gesammelt und erste Kontakte geknüpft. Die KEM-Projektarbeit wurde im Rahmen der Fortbildung im November 2020 als Vorstudie abgeschlossen [Beck / von Rechenberg /Finke 2020].

November 2020: Bewerbung RegioWIN 2030

Durch Gespräche mit Expert:innen und dem Wissen über bisher erfolgreich umgesetzte Agri-PV Pilotprojekte, war schon zu Beginn des Projektes ersichtlich, dass eine Viti-PV Anlage zum jetzigen Zeitpunkt ohne Fördermittelzuschuss nicht wirtschaftlich darstellbar sein würde. Daher wurde auf Initiative der Wirtschaftsförderungsgesellschaft des Landkreises Emmendingen zusammen mit zwei weiteren interessierten Weinbau-Flächenbesitzern ein Teilantrag zur Erstellung von Viti-PV Pilotanlagen im Rahmen eines Förderantrages „Weinbau 4.0“ beim Landeswettbewerb RegioWIN 2030 gestellt [WFG Landkreis Emmendingen 2020].

April 2021: Bekanntgabe der Gewinnerprojekte des Landeswettbewerbes RegioWIN 2030

Unter den 24 Gewinnerprojekten des Landeswettbewerbes befand sich auch das Projekt „Weinbau 4.0“ unter der Federführung der Wirtschaftsförderung Emmendingen.

Mai 2021: Förderbewilligung des badenova-Innovationsfonds für die Konzeptstudie „Viti-PV Riegel“

April 2022: Einreichung der zweiten Antragsstufe des Leuchtturmprojektes “Weinbau 4.0” und Neupflanzung eines Teils der für die Viti-PV vorgesehene Rebfläche [WFG Landkreis Emmendingen 2021].

Mai 2022 – Sept. 2023: Bearbeitung der Konzeptstudie und Planungstätigkeit für die Umsetzung
Recherchetätigkeiten, Gespräche und Treffen mit Projektbeteiligten, Genehmigungsbehörden und Öffentlichkeitsbeteiligung, Untersuchung möglicher Auswirkungen auf das FFH-Schutzgebiet, Besichtigung erster realisierter Viti-PV Pilotanlagen in Freiburg-Munzingen und Geisenheim und Verschriftlichung der Konzeptstudie.

September 2023: Eingang Bewilligungsbescheid RegioWIN 2030

Dezember 2023: Abschließende Untersuchung Anschluss Brauerei-Lofts Riegel

2024: Krankheitsbedingter Ausfall eines Schlüsselakteurs

2025: Wiederaufnahme der Planungstätigkeit und der Konzeptstudie

Oktober 2025: Fertigstellung der Konzeptstudie

Die Ausarbeitung und Fertigstellung der Studie dauerten aus verschiedenen Gründen länger als geplant:

- a. Der Zeitraum war rückblickend von Beginn an zu optimistisch bemessen gewesen, hinsichtlich der Aufgabenstellung und der Struktur des Projektteams. Gerade im ersten Projektjahr 2021 fand eine sehr intensive fachliche Beschäftigung mit den thematischen Inhalten der Kurzstudie im Dialog mit verschiedenen Projektpartnern statt und es konnten wesentliche Grundlagen der Arbeitspakete gelegt werden. Das damals vorhandene Fachwissen war jedoch nur beschränkt vorhanden und beruhte vorwiegend auf theoretischen Annahmen und dem Dialog mit Projektpartnern (die ihrerseits vielfach nur vage Aussagen treffen konnten oder teilweise sehr zurückhaltend waren mit Auskünften). Hinzu kam, dass der Projektzeitraum in einer sehr dynamischen Phase der Agri-PV Entwicklung lag, d.h. die gesetzlichen und genehmigungsrechtlichen Grundlagen, aber auch die technischen Planungsgrundlagen sowie ersten weinbaulichen Erkenntnisse entwickelten sich laufend weiter und machten es nur schwer möglich finale Ergebnisse zusammenzufassen. Wäre die Kurzstudie im Antragszeitraum wie geplant beendet worden, hätten die Ergebnisse nur eine Momentaufnahme der damaligen Situation gespiegelt. Jedoch hätte sie nicht ausgereicht, um zufriedenstellend das Ziel zu erreichen, eine vertiefte Konzeptstudie für eine Anlagenplanung und nachfolgende Umsetzung darzustellen.
- b. Erschwerend kam hinzu, dass die Beteiligten der Konzeptstudie alle ehrenamtlich tätig sind. Während der Projektlaufzeit verfügte die Mehrzahl der an der Studie Beteiligten noch Zeitkontingente im Übergang zwischen Studium und Beruf, die genutzt werden konnten. Aber bereits während der Projektlaufzeit führten erfolgreiche Bewerbungsgespräche, die Verlagerung persönlicher Tätigkeitsschwerpunkte sowie die Corona Zeit zu den Einschränkungen in der laufenden Projektbearbeitung.

- c. Parallel dazu erfolgte eine interne Vertiefung mancher Arbeitsschwerpunkte durch die Beteiligung am RegioWIN 2030 Wettbewerb des Landes Baden-Württemberg. Eine Bewerbung, des im Rahmen des EFRE Fonds geförderten RegioWIN 2030 Preises, eröffnete plötzlich die Möglichkeit einer praktischen Umsetzung der Konzeptstudie zugrundeliegenden Pilotprojektes. Aufgrund dessen erfolgte zwangsläufig eine Verlagerung der Forschungsaktivitäten hin zu einem recht zeitintensiven Bewerbungsprozess inklusive der Suche nach weiteren Projektpartnern, dem gemeinsamen Aufbau einer geeigneten Projektstruktur und zahlreichen Abstimmungsprozessen mit der Wirtschaftsförderung im Landkreis als federführender Antragssteller im zweiten Quartal der Projektlaufzeit.
- d. Im Herbst 2022 erhielt das Projektteam zusammen mit den anderen Konsortialpartnern die freudige Nachricht über den Gewinn beim RegioWIN 2030 Wettbewerb, der nun die Möglichkeit eröffnete das innovative Pilotprojekt praktisch umzusetzen. Diese verschärfte jedoch gleichzeitig die eigenen Ansprüche an die Konzeptstudie, da parallel nun Planungen für eine praxisnahe Umsetzung in viel höherem Detaillierungsgrad erforderlich wurden. Da nun Planungen und Genehmigungsverfahren in Deutschland an insgesamt fünf möglichen Viti-PV Pilot-Standorten gleichzeitig erfolgten, verlagerte sich die Strategie dahingehend, für die Konzeptstudie an Lernprozessen und Mitnahmeeffekten teilhaben zu können, da es sich bei den anderen Vorhabensträger:innen allesamt um entweder langjährig im PV-Bereich tätige Projektentwickler:innen oder um ein Landes-Weinbauinstitut handelte. Es fanden in der Zeit bis zum Empfang des Bewilligungsbescheides für das Viti-PV Projekt Riegel seitens des Umweltministeriums im September 2023 zahlreiche Austauschgespräche, Exkursionen und die schrittweise Konkretisierung, der im Arbeitsplan der Konzeptstudie vorgesehenen Inhalte, statt. Innerhalb der Konzeptstudie wurden einige inhaltliche Anpassungen erforderlich. Das Projektteam befand sich im zweiten Quartal 2023 auf einem guten Weg und in einer Phase, in der bereits terminlichen Vorabstimmungen hinsichtlich der Endredaktion vorgenommen wurden.
- e. Dass die gesetzten Ziele zur Fertigstellung der Konzeptstudie Anfang 2024 nicht erreicht werden konnten, lag an einem Ende 2023 auftretenden temporären krankheitsbedingten Ausfall eines Schlüsselakteurs im Projekt. Durch dieses unerwartete Ereignis musste die Projektstätigkeit im ganzen Jahr 2024 ausgesetzt werden. Die Projektstätigkeit, d.h. parallel die Fertigstellung der Konzeptstudie sowie die Weiterführung der praktischen Projektplanung, konnte erst zu Jahresanfang 2025 wiederaufgenommen werden.

Das Projektteam ist dem Fördermittelgeber badenova Innovationsfonds außerordentlich dankbar, für die fortlaufende Unterstützung, zur Gewährung einer Verlängerung der Projektlaufzeit.

4.4. Hinweise zur Vorgehensweise

Das Projektteam verständigte sich darauf, die Arbeitspakete (siehe Tab. 2) aufzuteilen und individuell Verantwortlichkeiten für die Bearbeitung zu übernehmen. In wöchentlichen Arbeitstreffen wurden im Rahmen von Online-Treffen die Ergebnisse zusammengetragen und Fortschritte protokolliert. Das Projektteam hat die Konzeptstudie neben der Berufstätigkeit erstellt.

Informationen für die Konzeptstudie wurden unter anderem über die folgenden Treffen und Informationskanäle zusammengetragen:

- Literaturrecherche / Teilnahme an der 2. Agri-PV-Konferenz (14. - 16.06.2021) / Besuch von Vortragsveranstaltungen

- Fachlicher Austausch / Arbeitstreffen mit beteiligten Institutionen und Organisationen (ISE Freiburg, Weinbauinstitut Freiburg, PV-Sachverständige, Rebschutzwart WG Riegel usw.)
- Fachlicher Austausch mit Mit-Antragsteller Weinbau 4.0 / Vor-Ort Exkursionen zu Standorten von geplanten Viti-PV Pilotanlagen / Liaison mit Wirtschaftsförderung Landkreis Emmendingen hinsichtlich organisatorischer und finanzieller Fragen bei der Antragsstellung
- Kontaktaufnahme und Arbeitstreffen mit der Gemeinde Riegel / Frühzeitige Information der Gemeindeverwaltung / Mitarbeit im Klimaschutzprozess / Öffentlichkeitsarbeit / Organisation eines lokalen Treffens der Projektpartner
- Kontaktaufnahme und Arbeitstreffen hinsichtlich Genehmigungsfragen bei der Baubehörde des Landkreises Emmendingen, Regionalverband Südlicher Oberrhein
- Kontaktaufnahme und Arbeitstreffen mit BW NETZE, badenovaWÄRMEPLUS, Heidelberger Energiegenossenschaft (HEG eG), Bürgerenergiegenossenschaft Kaiserstuhl (BEKA eG – vormals Bürgerenergiegenossenschaft Endingen BEGE eG) hinsichtlich Stromanschluss sowie Stromverkauf / Betrieb der Viti-PV Anlage
- Kontaktaufnahme und Expertengespräche mit Vertreter:innen u.a. der Uni Hohenheim, Firma Whailex, Firma BayWa und Firma Tubesolar
- Projektvorstellung im Rahmen von Einladungen zu öffentlichen Veranstaltungen des fesa e.V.; Winzergenossenschaft Riegel; Bürgerenergiegenossenschaft Endingen, Kompetenzzentrum Weinbau 4.0 Landkreis Emmendingen
- Exkursionen z.B. zur Agri-PV Anlage in Denzlingen (2021), zur Viti-PV Anlage in Freiburg Munzingen (während der Bauphase und nach Fertigstellung 2023), zur Viti-PV Anlage am Blankenhornsberg in Ihringen (während der Bauphase und mehrere Besuche nach Fertigstellung 2023/2024), Besuch der Viti-PV Anlage der Hochschule Geisenheim in Hessen 2024, eine geplante Exkursion zu einer Pilotanlage in Südfrankreich musste Corona-bedingt leider entfallen
- Organisation von Vor-Ort Besichtigungen und Abstimmung hinsichtlich naturschutzrechtlicher Fragen (NABU Ortsgruppe Kaiserstuhl, Regionalgruppe BUND) / Erstellung eines naturschutzfachlichen Gutachtens NATURA 2000 / Online-Treffen mit dem Kompetenzzentrum Naturschutz & Erneuerbarer Energien

4.5. Untersuchungsgebiet

Der Standort Riegel eignet sich aus verschiedenen Gesichtspunkten für eine Viti-PV Anlage: Die Flächen, welche auf dem Michaelsberg unterhalb der Michaelskapelle liegen, sind fußläufig vom Ortskern zu erreichen. Riegel wiederum liegt in unmittelbarer Nähe zur Stadt Freiburg und damit wichtigen Instituten wie dem WBI und dem ISE. Durch die Anbindung an das Straßen- und Schienennetz (siehe Abb. 6) sind die Flächen auch für interessierte Besucher:innen gut zugänglich. Das landwirtschaftliche Bildungszentrum Emmendingen-Hochburg (LBZ) beinhaltet die Fachschulausbildung im Bereich Landwirtschaft/Weinbau für Südbaden und bietet auch Weiterbildungen zur Nebenerwerbswinzer:in an. Durch die räumliche Nähe zwischen Riegel und dem LBZ bietet sich das Viti-PV Real-Labor als idealer Exkursionsstandort an.

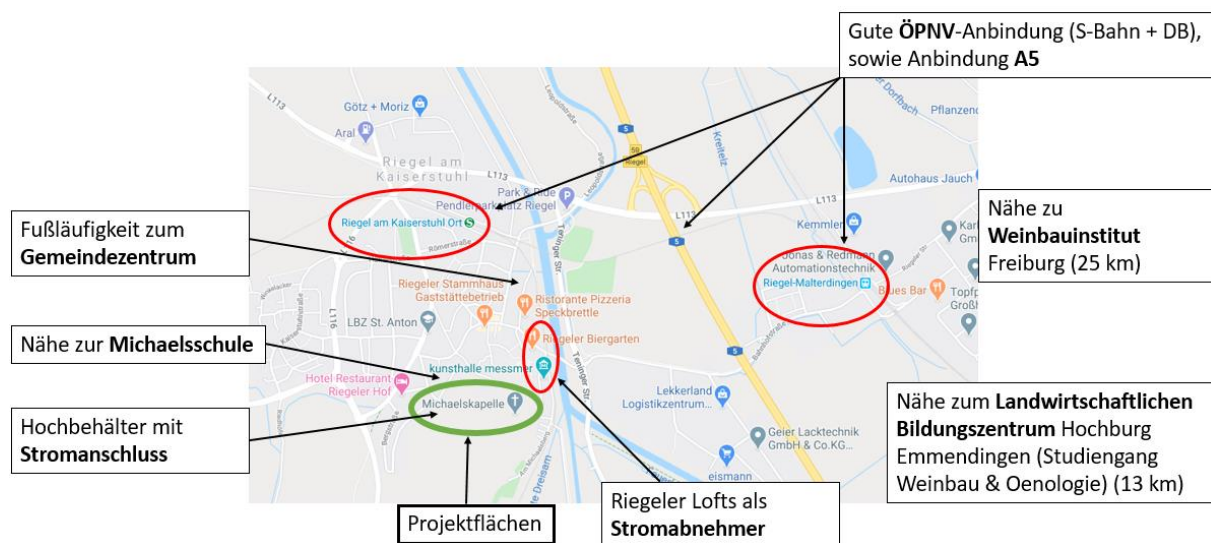


Abbildung 6: Umgebung des Standorts Riegel und Bezugspunkte
[Quelle: Google Maps, modifiziert]

Der Weinbau in Riegel umfasst derzeit eine Gesamtfläche von ca. 50 ha [Winzergenossenschaft Riegel eG 2024]. Die Einzelflächen, die für den Standort der Viti-PV betrachtet werden, liegen im Gewann Burg auf dem Michaelsberg (siehe Abb. 7). Dieser erhebt sich ca. 60 m über der Rheinebene und bildet den nördlichen Ausläufer des Kaiserstuhls. Auf dessen höchsten Punkt befindet sich die Michaelskapelle. Diese ist umgeben von Restwaldflächen und von terrassierten Rebflächen in nördlicher, westlicher und südlicher Richtung. Folgende Einzelflächen stehen für das geplante Pilotprojekt zur Verfügung und werden im Rahmen der Konzeptstudie betrachtet.

Bei den am Michaelsberg zur Diskussion stehenden Rebflächen handelt es sich um insgesamt drei Parzellen (siehe Tab. 3), welche allesamt den Nutzungszenit überschritten haben und deswegen neu angelegt wurden. Die Rebfläche 1 befindet sich auf der westlichen Seite des Gewanns Burg in direkt Angrenzung an den Hochbehälter sowie die erwähnte Böschung. Die Rebflächen 2 - 4 befinden sich vis-a-vis auf der gleichen Terrassierungsfläche, die durch einen Fahrweg zweigeteilt ist. Diese Rebflächen werden in östlicher Richtung begrenzt durch den Steilhang zur Brauerei Riegel.

Zum Start der Konzeptstudie waren die Parzellen wie folgt bepflanzt:

- Fläche 1: ca. 513 m², Weißburgunder, mittlerer Reihenabstand (Neuanlage 2020, Handlese)
- Fläche 2: ca. 417 m², Müller-Thurgau, geringer Reihenabstand (Anlagejahr 1970, Handlese)
- Fläche 3: ca. 637 m², übergroßer Reihenabstand (Anlagejahr 1982, Handlese), siehe Abb. 8

Die Rebgrassen verlaufen in einer Ost-West-Ausrichtung. Dies bedeutet, dass eine über den Rebreihen aufgeständerte PV Anlage automatisch eine Südausrichtung innehat. Früher galt eine Süd-Exposition als vorteilhaft, mittlerweile ist eine Ost-West Ausrichtung der PV Anlage günstiger, da eine Solarstromerzeugung damit netzdienlicher erfolgen kann und die Anlage ertragreicher ist. Die Hangneigung beträgt auf der kleineren Fläche ca. 1-2%, die Flächen 2 und 3 fallen zum Ostrand des Michaelsberges um ca. 4%. Die Möglichkeit zur Errichtung von Viti-PV Anlagen ist bis zu Hangneigungen von 20% theoretisch gegeben.



Abbildung 7: Einzelflächen für das geplante Pilotprojekt in Riegel
 [Quelle: Google Maps, modifiziert]

Alle Flächen werden konventionell bewirtschaftet (kein Bio-Anbau), wobei die Flächen bereits seit ca. zehn Jahren ohne die Nutzung synthetischen Stickstoffdüngers (zur Vermeidung von Lachgasemissionen, Grundwassereintrag), sowie mit minimiertem Einsatz von Herbiziden bewirtschaftet werden.

Tabelle 3: Übersicht der Rebparzellen nach Sorten / Pflanzjahr

	Alte Sorte	Pflanzjahr	Alter	Rodungs-jahr	Neuan-pflanzung	Sorten-wechsel
Fläche 1	Weißbur-gunder	1984	34 Jahre	2018	2020	Weißbur-gunder
Fläche 2	Müller-Thurgau	1971	60 Jahre	2021	2022	Southern
Fläche 3	Spätbur-gunder	1982	39 Jahre	2021	2022	Southern

[Quelle: Eigene Darstellung]

Neben dem Alter der Reben waren folgende weitere Faktoren für die Entscheidung einer Neuanlage ausschlaggebend:

- Die Weißburgunder (Fläche 1) sowie der Müller-Thurgau (Fläche 2) waren in der alten Gassenbreite von 1,20 m bestockt. Diese enge Gassenbreite erlaubt keine maschinelle Bewirtschaftung.
- Zudem waren die älteren Weinstöcke sehr niedrig, d.h. die Traubenzone befand sich in ca. 60 - 70 cm Höhe, was bei manuellen Weinbauarbeiten und der Handlese eine bückende Haltung erforderte.
- Fläche 1 und 2 wiesen einen erhöhten Esca-Befall (Rebkrankheit) auf, was einen Totalverlust von 3 - 6 Rebstöcken im Jahr bedeutete.



*Abbildung 8: Spätburgunder mit 2,60 m Gassenbreite (Alter 39 Jahre)
[Quelle: Eigene Aufnahme]*

Die Fläche 1 wurde bereits 2018 gerodet und 2020 wieder mit derselben Traubensorte (Weißburgunder) neu angelegt (siehe Abb. 9). 2021 wurden die Flächen 2 und 3 gerodet und mit der pilzwiderstandsfähigen Traubensorte (PIWI) Sauvignac im April 2022 neu angepflanzt. Ursprünglich war geplant, die Viti-PV Anlage im Übergangszeitraum bis zur Errichtung einer Drahterziehungsanlage zu errichten, da in diesem Zeitpunkt die optimalen Voraussetzungen für die Errichtung der Tragunterkonstruktion gegeben sind (siehe 5.1.1). Aufgrund der genannten Verzögerungen, konnte der Zeitplan jedoch nicht eingehalten werden, sodass das Drahtrahmengerüst im dritten Pflanzjahr 2024 errichtet wurde. Das Drahtrahmengerüst wurde mit einer Arbeitshöhe von 1,60 m aufgebaut.



*Abbildung 9: Blick vom Hochbehälter auf Fläche 1 (Weißburgunder, Neuanpflanzung 2020, Gassenbreite 2 m)
[Quelle: Eigene Aufnahme]*

5. Ergebnisse der Arbeitspakete der Konzeptstudie

Nachfolgendes Kapitel befasst sich mit der Fragestellung, welche Anlagenkonzeption für eine Viti-PV Anlage in Riegel geeignet ist. Es beinhaltet wesentliche Ergebnisse der Konzeptstudie und ist nach den Arbeitspaketen 1-9 wie folgt gegliedert:

- AP1 – Anforderungen aus Technik / Weinbau / Pflanzenbau
- AP2 – Planung und Baurecht
- AP3 – Bautechnik – Kriterien zur Anlagenauswahl und bautechnische Anlagenkomponenten
- AP4 – Module
- AP5 – Optimierungspotenzial durch elektronische Steuerung / Nachführung
- AP6 – Hagelschutz
- AP7 – Monitoring Konzept
- AP8 – Akzeptanzforschung
- AP9 – Wirtschaftlichkeitsberechnung

Zu Beginn der Konzeptstudie lagen den Autoren lediglich erste Literaturhinweise, Ideen und ein Hinweis zu einem Viti-PV-Projekt in Südfrankreich vor. Diesen ersten Anregungen waren die Grundlage zur systematischen Aufarbeitung nachfolgender Arbeitspaket mit dem Ziel eine Viti-PV Anlage auf dem Michaelsberg in die Realität umzusetzen. Hilfreiche Unterstützung und Anregungen erhielt das Projektteam vom badenova Innovationsfond und den Projektpartnern im RegioWIN 2030 Projekt „Weinbau 4.0“.

5.1. AP1 – Anforderungen Technik / Weinbau / Pflanzenbau

Es gibt eine Vielzahl von PV-Konzepten, die mit der Landwirtschaft kombiniert werden können [Wydra 2022]. Nach der DIN SPEC 91434:2021-05 wird die Agri-PV in zwei Kategorien unterteilt:

- Kategorie 1: hochaufgeständerte Systeme (lichte Höhe > 2,1 Meter)
- Kategorie 2: bodennahe Systeme (lichte Höhe < 2,1 Meter)

Bei der Sonderkultur Weinbau finden hochaufgeständerte Systemen Anwendung, bei denen die Bewirtschaftung der Reben typischerweise unter den PV-Module stattfindet. Hierbei wird eine Tragwerksunterkonstruktion errichtet, die so tief im Boden verankert werden, dass die Stabilität der Gesamtkonstruktion auch bei unterschiedlich starker Windlast gewährleistet ist. Der Abstand der Reihen und Träger ist im Weinbau an das bestehende / anzulegende Drahterziehungssystem sowie Anforderungen an die maschinelle Bewirtschaftung anzupassen (siehe Kap. 5.2.1).

Die Module werden oberhalb der bewirtschafteten Rebzeile angebracht und übernehmen damit gleichzeitig die angedachte Schutzfunktion als Klimaanpassungsmaßnahme gegen Hagel, Starkregen und zu hoher Sonneneinstrahlung (vgl. Kap. 3.4.). Damit einerseits genügend Licht für die Photosynthese der Rebpflanzen zur Verfügung steht, andererseits aber die PV Anlage maximalen Strom erzeugt, befinden sich verschiedene Ausführungen einer Viti-PV Varianten in der Planung bzw. wurden zwischenzeitlich umgesetzt.

Erste Anregungen, wie eine Viti-PV Anlage in Riegel aussehen könnte, stammen aus der Literaturrecherche und der Besichtigung des Obsthofs Vollmer in Oberkirch (siehe Abb. 12).

a) **Viti-PV Fixinstallation – Einzelreihenausführung:**

Jede Rebreihe besitzt ein eigenes Tragwerksgerüst auf dem die Module fest installiert sind. Ein Beispiel hierfür ist die erste Viti-PV Versuchsanlage in Süd-Frankreich (siehe Abb. 10). In diesem Fall wurden Standard-PV-Module verwendet. Eine erste „Barfuß-Anlage“, die günstig in der Errichtung war aber erste wichtige Forschungsergebnisse brachte [Tiffon Terrade et. al. 2021]. Hinsichtlich der Verschattungsverträglichkeit von Reben werden keine Standard Module mehr verwendet.



Abbildung 10: Viti-PV Fixinstallation – Einzelausführung

[Quelle: Tiffon Terrade et.al. 2021]

b) **Viti-PV Fixinstallation – Reihenüberspannt:**

Auf einem reihenüberspannenden Tragwerksgerüst sind über jeder Rebzeile Module mit geringen Neigungswinkel montiert (Ost-West Anlagenkonfiguration). Dieses Konzept wurde umgesetzt durch den Anlagen-Projektierer Edgar Gimbel bei der Errichtung der ersten Viti-PV Pilotanlage in Freiburg-Munzingen (siehe Abb. 11). Das Projekt wurde ebenfalls durch den badenova-Innovationsfonds gefördert.



Abbildung 11: Viti-PV Fixinstallation – Reihenüberspannt

[Quelle: Pillatzke 2024]

c) **Viti-PV Fixinstallation mit Tracking-System:**

Jede Rebreihe besitzt ein eigenes Tragwerksgerüst. Die Module sind auf einer drehbaren Achse angeordnet (Nachführung = tracking). Dieses Tracking-Konzept wurde bereits auf der ersten Fraunhofer-Versuchsanlage mit Feldfrüchten umgesetzt. Das Projektteam hat diese Versuchsanlage auf dem neuen Anlagenstandort in Denzlingen 2021 besucht. Das gleiche Konzept für die Anwendung für Sonderkulturen hat das Projektteam bei einem Besuch beim Obsthof Vollmer (Firma INTECH GmbH & Co. KG) in Oberkirch-Nussbach als Versuchsanlage im gleichen Jahr entdeckt (siehe Abb. 12).



Abbildung 12: Viti-PV Fixinstallation mit Tracking System

[Quelle: INTECH GmbH & Co. KG, eigene Aufnahme 2023]

- d) **Viti-PV Einzelreihenausführung mit klappbaren Modultischen:** Eine Sub-Variante der Viti-PV Einzelreihenausführung mit klappbaren Modultischen wurde von der Firma INTECH GmbH & Co. KG für den Versuchsstandort am Blankenhornsberg in Ihringen entwickelt (siehe Abb. 13). In dieser Versuchsanordnung soll u.a. getestet werden, ob die erwünschten Effekte wie Reifeverzögerung und Verdunstungsminderung auch dann auftreten, wenn nicht jede Rebzeile mit Modulen überdacht sind. Außerdem werden Material Einspareffekte und einen damit zusammenhängenden niedrigeren CO₂-Fussabdruck erwartet sowie eine höhere Akzeptanzwirkung, weil die Kulturlfläche nicht ganz überdacht ist [INTECH GmbH & Co. KG – persönliche Kommunikation].

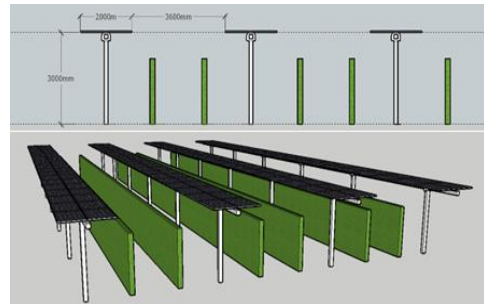


Abbildung 13: Viti-PV Einzelreihenausführung mit klappbaren Modultischen
[Quelle: WFG Landkreis Emmendingen 2020]

- e) **Viti-PV mit nachgeführten Solarmodulen auf einer reihenüberspannenden Tragwerksunterkonstruktion:** Diese erste Viti-PV Pilotanlage war die erste ihrer Art über Weinreben und wurde 2018/19 in der Weinbauregion Piolenc, in Hérault, als Teil eines Forschungsvorhabens aufgebaut (siehe Abb. 14). Die nachgeführten Module werden von einer Steuerung mittels KI bewegt, deren Algorithmen Parameter wie der jahreszeitliche Sonnenstand, Wasserbedarf, weinbauliche Faktoren, Rebenwachstum, Bodenqualität und Wetterprognosen abbilden. Mit dieser Forschungsanlage konnten erste wissenschaftliche Untersuchungen zur wechselseitigen Beeinflussung der Viti-PV auf die Ertrags- und Qualitätssituation durchgeführt werden.



Abbildung 14: Viti-PV mit nachgeführten Solarmodulen auf einer reihenüberspannenden Tragwerksunterkonstruktion
[Quelle: Tiffon Terrade et.al. 2021]

Weiterhin hat sich das Projektteam im Verlaufe der Recherchetätigkeiten mit weiteren innovativen Agri-PV Anlagenvarianten beschäftigt, beispielsweise mit:

- Der Nutzung von **Photovoltaik-Dünnschicht-Röhrensystemen**, die licht- und regendurchlässig sind und von einem Augsburger Start-Up Unternehmen (Firma Tubesolar) speziell für die Anwendung über landwirtschaftlichen Nutzflächen konzipiert waren [Solarserver 2023].
- Die Aufhängung von PV-Modulen an einem **Drahtseilsystem**, welche den Materialaufwand bei der Tragwerksunterkonstruktion reduziert [Leitner / Czaloun 2018].

5.1.1 Integration von Umstrukturierungsmaßnahme und Erstellung der Anlage, Rückbauoptionen

Da beim Bau einer Viti-PV Tragkonstruktion umfangreiche Erd- und Montagearbeiten vorgenommen werden müssen, ist die Erstellung von Viti-PV Anlagen im Rahmen einer bestehenden Umstrukturierungsmaßnahme vorteilhaft. Stand 2022 existierten noch keine Konzepte, wie entsprechende Unterkonstruktionen in Bestandsflächen errichtet werden können. Im Unterschied zu anderen Agri-PV Anwendungen, z.B. im Rahmen von annuellen Feldkulturen (Kartoffeln, Weizen etc.), bietet sich die Planung und der Bau von Viti-PV Anlagen dann an, wenn eine bestimmte Fläche gerodet und neu angepflanzt werden soll (Umstrukturierung). Erste Erfahrungen mit der Errichtung einer Tragunterkonstruktion in einer Bestandsfläche konnten bei der Errichtung der Viti-PV Anlage am Blankenhornsberg 2023 gesammelt werden. Dort wurde erstmals in Deutschland die Errichtung einer Viti-PV Tragwerkskonstruktion in einer weinbaulichen Bestandsanlage von der Firma INTECH GmbH & Co. KG aus Kehl-Auenheim durchgeführt. Die Errichtung einer Tragwerkskonstruktion in einer Bestandsanlage ist prinzipiell möglich, verursacht jedoch extra Zeit- und damit einen höheren Kostenaufwand.

Viele Rebflächen, insbesondere von Klein- und Nebenerwerbswinzer:innen werden teilweise 40-50 Jahre bewirtschaftet, da die Rodung und die Neuanlagen mit einem beträchtlichen Arbeits- und Kostenaufwand verbunden sind. Haupterwerbswinzer:innen hingegen haben kürzere Umtriebszeiten von durchschnittlich 30 Jahren, da die Ertragsleistung nach 15-25 Jahren bereits abnimmt. Bei der Dauerkultur *Rebe* bestehen derzeit noch Einschränkungen hinsichtlich des Zeitpunktes der Errichtung einer PV Anlage, was eine enge Synchronisierung mit dem langjährigen Anbauzyklus voraussetzt. Im Rahmen des Pilotprojekts Riegel war diese Voraussetzung gegeben, da die Altbestände der bestehenden Rebflächen (2018/2022) gerodet und neu bepflanzt wurden. Eine Erstellung der Tragkonstruktion sollte möglichst zeitnah vor oder nach der Wiederanpflanzung und noch vor Errichtung des Drahterziehungsrahmens erfolgen. Ein ursprünglich schematischer Zeitplan der Abfolge der Umstrukturierungsmaßnahmen und Errichtung der Anlage in Riegel findet sich in der folgenden Darstellung Tab. 4.

Tabelle 4: Schematischer Zeitplan der Abfolge der Umstrukturierungsmaßnahmen

Arbeitsschritte	Jan - März	April	Mai - Okt	Nov - Dez	Jan - März
Winterbrache, Bodenvorbereitung, Abstecken der Rebreihen					
Pflanzung Rebsetzlinge					
Vegetationsperiode, Anwachsen der Setzlinge					
Errichtung der PV-Unterkonstruktion (Rammarbeiten)					
Montage PV-Module					
Verkabelung/Wechselrichter					
Inbetriebnahme					

[Quelle: Eigene Darstellung]

Die Nutzungsdauer einer Rebneuanlage beträgt mindestens 25 Jahre und überlappt sich hinsichtlich der Nutzungsdauer mit dem Betrieb einer Viti-PV Anlage. Aus planungsrechtlichen Gründen ist allerdings die Anlage so zu planen, dass diese vollständig rückbaubar ist. Im Falle eines Rückbaus wird die

PV-Tragkonstruktion (inkl. aller Stützpfähle) komplett entfernt und eine konventionelle Neuanpflanzung ist dann wieder möglich.

5.1.2 Standorteigenschaften und Bodenvorbereitung

Das Bodenprofil des Ostabfalls des Michaelsbergs (siehe Abb. 15) zeigt eine stark gegliederte Lösssedimentfolge mit einer Mächtigkeit von 35m, die sich in der Abfolge verschiedener Kalt- und Warmzeiten in den letzten 800.000 Jahren über dem Ursprungsgestein (Hauptrogenstein) abgelagert hat [Regierungspräsidium Freiburg 2009].



*Abbildung 15: Der Ostabfall des Michaelberges – Löss als idealer Weinbaustandort
[Quelle: Regierungspräsidium Freiburg 2009]*

Der Standort auf dem mächtigen Lössboden bildet sowohl hervorragende Bedingungen für den Weinbau, als auch für die Errichtung einer Viti-PV Anlage. Die Lössböden des Michaelsberges sind skeltettarm und humusreich und weisen eine gute Wasserspeicherefähigkeit auf, auch in Trockenjahren. Ein Nachteil von Lössböden ist, dass diese relativ erosionsanfällig sind.

Dass kein Felsen im Untergrund ansteht, ist jedoch ein Vorteil für die Gründung und Verankerung der PV-Unterkonstruktion. Hier bietet sich die Verankerung mittels eines Rammverfahrens an (siehe Kapitel 5.3). Fläche 1 ist relativ eben, während Fläche 2 und 3 eine gering abfallende Geländeneigung nach Osten aufweist. Hier ist es wichtig Abtropfkanten an den Modulflächen so zu planen, dass die Möglichkeit der Bildung von Erosionsrinnen, z.B. bei einem Starkregenereignis, minimiert wird. Eine Dauerbegrünung der darunterliegenden Rebassen ist unerlässlich. Die Möglichkeit von weiteren technischen Maßnahmen zur Verhinderung von Erosionsrinnen (Wurzelschutzplanen) werden in den weiteren Planungen berücksichtigt.

Im Rahmen der Bodenvorbereitung wurden die Fläche gepflügt, geeggt und mit einer stickstoffbildenden Begrünung versehen. Bei der Pflanzung der Rebsetzlinge wurde eine Terra-Preta Mischung (Pflanzkohle) in die Pflanzlöcher eingebracht. Diese Maßnahme minimiert die Nitratfreisetzung nach der Rodung alter Anlagen und im Pflanzjahr und sorgt für eine gute Wasser- und Nährstoffbindekapazität sowie längerfristige Bindung von CO₂ im Boden [Holweg / Riedel 2019]. Bei der Installation von Agri-PV Anlagen sind Auswirkungen auf die Bodenbeschaffenheit zu erwarten, z.B. Bodenverdichtung durch Ramm- und Baumaßnahmen. Um negativen Auswirkungen einer Bodenverdichtung vorzubeugen, sind

Bodenlockerungsmaßnahmen und eine Einsaat von Pfahlwurzeln nach Abschluss der Bauarbeiten vorgesehen.

5.1.3 Anforderungen im Weinbau

Mit Bezug auf die bauliche Auslegung der Viti-PV Anlage lassen sich einige grundlegende Anforderungen festlegen. Diese unterscheiden sich von annuellen Feldkulturen oder Anlagen im Obstbau. Die PV Anlagenkonstruktion muss den Anforderungen an das Anbausystem und den Bearbeitungsmethoden im Weinbau entsprechen. Die Anlagendimensionierung und -konstruktion ist einerseits funktional so auszulegen, dass die PV Anlagenüberdachung insbesondere die beabsichtigten Schutzfunktionen, Reifeverzögerung, Verdunstungsminderung, Verbesserung des Mikroklimas und Schutz vor Hagel und Sonnenbrand gewährleistet ist. Andererseits sollen die wirtschaftlichen Anforderungen der energetischen Ertragsmaximierung erfüllt sowie eine weitgehend maschinelle Bearbeitung sichergestellt werden.

Rebzeilenabstand: Der Rebzeilenabstand muss mindestens 2 m betragen, damit eine maschinelle beidseitige Bearbeitung der Rebzeilen mit Hilfe eines Weinbergschleppers möglich ist. In Riegel wurden die Rebzeilen der Flächen 1 und 3 mit 2 m Rebzeilenabstand angelegt, die Fläche 2 wurde mit 2,80 m Abstand angelegt, um eine andere Versuchsanordnung der PV-Module realisieren zu können.

Die maschinelle Bearbeitung der Viti-PV Rebflächen ist mit einigen Einschränkungen grundsätzlich möglich:

- Bodenbearbeitung: Aus Erosionsschutzgründen ist es geplant, eine Dauerbegrünung aufzubringen. Bei Umbrucharbeiten sollte das Risiko eines Steinschlages möglichst minimiert sein (Prallbleche über Pflug oder Mulcher).
- Maschinelle ausgeführte Unterstockarbeiten sind grundsätzlich möglich, z.B. Anlage eines Herbizidstreifens oder mechanische Unkrautbekämpfung
- Laubwandarbeiten können aufgrund der Stützpfähle mit herkömmlichen Laubschneidern nur eingeschränkt stattfinden (Vertikalschnitt). Der Horizontalschnitt soll in der Pilotanlage in Riegel händisch ausgeführt werden.
- Bei der Anwendung von Weinbauspritzern zur Pflanzenschutzbehandlung sollte eine möglichst konzentrierte Behandlung der Traubenzone stattfinden, um unnötige Sprühaerosolbildung und damit verbundene Ablagerungen von Spritzmittelrückständen zu unterbinden. Hier wurde bereits bei der Auswahl der Rebsorte (Souvignac) auf große Pilzwiderstandsfähigkeit geachtet, sodass nur ein Minimum an Fungizidspritzungen notwendig ist.
- Bei der Ernte ist die Verwendung eines Überstock-Traubenvollernters grundsätzlich nicht möglich. Eine Ernte mit einem, von einem Traktor gezogenen Vollernter, ist hingegen möglich. In Riegel ist eine händische Ernte der Anlage geplant.

Viti-PV-Reihenordnung: Die Rebzeilen aller Flächen verlaufen in Ost-West Richtung, d.h. die PV-Module werden in Südausrichtung direkt über den Rebzeilen angeordnet. Die Fläche 1 besteht aus 6 Rebzeilen und die PV-Module sollen in einer Einzelreihenkonstruktion überspannt werden. Bei den Flächen 2 und 3 ist eine reihenüberspannende Tragwerkskonstruktion mit unterschiedlichen Modulordnungen (Längs-/Querverlegung) vorgesehen (siehe Kapitel 5.3).

Durchfahrtshöhe: Bei der Pilotanlage in Riegel ist eine Durchfahrtshöhe von maximal 3 m ausreichend, da es sich hier um Handleseflächen handelt. Durch das mögliche Auftreten von witterungsbedingten

hohen Windstärken auf dem Michaelsberg, wirkt sich eine geringere Anlagenhöhe positiv, hinsichtlich der Belastung durch Winddruck, bei der Statik der Anlage aus.

Pfahlabstände: Als Pfahlabstände innerhalb der Rebzeile sind 5 m geplant. Um eine maschinelle Bewirtschaftung der Rebanlagen nicht übermäßig zu beeinträchtigen, wird in Riegel eine Überspannung von mindestens 3 Rebzeilen angestrebt.

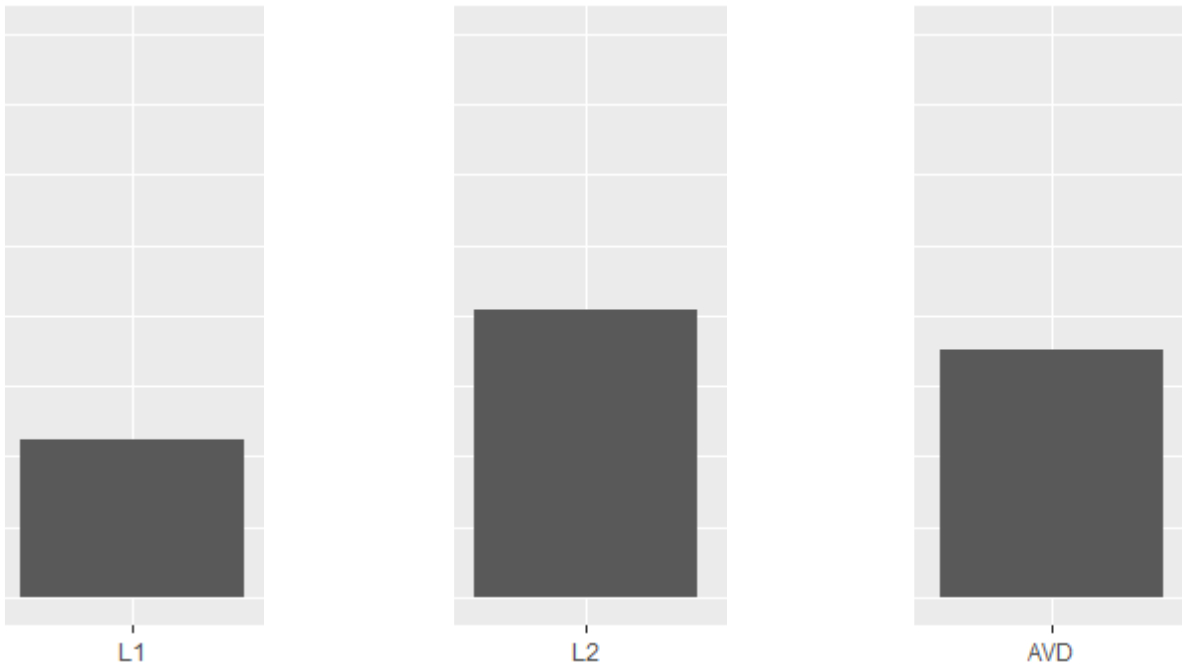
5.1.4 Anforderungen im Pflanzenbau

Lichtmanagement

Das Lichtmanagement ist einer der wichtigsten Faktoren bei der Konstruktion von Agri-PV Anlagen. Verschiedene Pflanzen (Feldfrüchte, Beerenkulturen, Dauerkulturen) benötigen jeweils an die Pflanze angepasste optimale Lichtbedingungen für das Wachstum und die Reife [Pataczek et.al. 2021]. Gleichzeitig ist die zusätzliche Verschattung durch die PV-Module ein wichtiges Steuerungselement für die beabsichtigte Reifeverzögerung, Verringerung der Verdunstung und Verbesserung des Mikroklimas einer Viti-PV Anlage. Ein wichtiger Nebeneffekt der Überdachung ist der Schutz vor Extremwetterereignissen (Hagel, Starkregen, Sonnenbrand). Einige mit dem Lichtmanagement zusammenhängende Fragestellungen lauteten zu Beginn der Konzeptstudie:

- Welches sind die optimalen Verschattungs-/Lichtverhältnisse in verschiedenen Wachstumsphasen (Austrieb, Blütenphase, Reifephase und Ernte/post-Ernte)?
- Wie müssen die Module/Tragkonstruktion beschaffen sein, um die gewünschten Licht-/Verschattungsverhältnisse zu ermöglichen?
- Welche Modultypen eignen sich für Viti-PV Anlagen (lichtundurchlässige Module, semitransparente Module)?

Erste Praxiserfahrungen lagen aus zwei Pilotprojekten in Süd-Frankreich vor, die auf der Agri-Photovoltaics Conference 2021 vorgestellt wurden (siehe Abb. 16). Dort wurde die Verschattungswirkungen von zwei Systemen (starre Modulanordnung, Tracking-Module) im Hinblick auf Wachstums- und oenologische Auswirkungen untersucht [Tiffon Terrade et. al. 2021]. Hier wurden mit lichtundurchlässigen Modulen während der Wachstumsphase unterschiedliche Verschattungswerte gemessen.



28% Verschattung

58% Verschattung

44% Verschattung

Abbildung 16: Pilotprojekte in Süd-Frankreich
[Quelle: Tiffon Terrade et.al. 2021]

Diese Verschattungswerte beziehen sich auf die Photosynthetisch Aktive Strahlung (*Photosynthetically active radiation = PAR*). Mit PAR wird der Spektralbereich der Sonnenstrahlung von 400 bis 700 Nanometern bezeichnet, der von phototrophen Organismen (z.B. Pflanzen) bei der Photosynthese genutzt wird. Erste Ergebnisse aus den Forschungen in Frankreich waren u.a.:

- Nur die höchste Verschattung resultierte Ertragseinbußen beim Beerengewicht
- Durch die Verschattung ergab sich eine Verzögerung bei der Reife und bei der Zuckerbildung (bei zu großer Verschattung zeichnet sich eine Tendenz zu geringeren Zuckergehalten ab)
- Eine größere Verschattung wirkt sich positiv hinsichtlich des Säuregehaltes auf
- Die Verschattung wirkte sich nur geringfügig auf das Verhältnis Zucker-/Säuregehalt aus

Diese ersten Praxiserfahrungen aus Südfrankreich zeigen, dass auch Weinreben relativ schattentolerant sind und durch die Verschattung der gewünschte Effekt der Reifeverzögerung auftritt. Dabei kommt es zu keinen Ertragseinbußen und es findet gleichzeitig eine Stabilisierung wichtiger Qualitätsparameter (Zucker- und Säuregehalt, Antioxidantien) statt [Tiffon Terrade et. al. 2021].

Laut weitergehenden Untersuchungen durch das Weinbauinstitut Freiburg sind durchschnittlich etwa 30 % Verschattungstoleranz (70 % PAR) für die Rebpflanzen unbedenklich (siehe Abb. 17 und Tab. 5). Eine Ausnahme bildet die Blütenphase (Mitte Mai) der Pflanzen. Hier sollten 20 % Verschattung nicht überschritten werden, da die Pflanzen zu dem Zeitpunkt eine höhere Sonneneinstrahlung benötigen. Vor und nach der Blütenphase, kann die Verschattung erhöht werden. Im Sommer bietet die Verschattung auch den nötigen Schutz vor zu starker Sonneneinstrahlung oder einem Sonnenbrand an den Pflanzen. Die Bestimmung optimaler Lichtverhältnisse in den jeweiligen Wachstumsphasen kann anhand von BBCH-Codes erfolgen. Zur Orientierung für Riegel können die vom WBI ermittelten historischen Wachstumsverlaufsdaten für Eichstetten (8 km Entfernung von Riegel) herangezogen werden. Anhand des BBCH-Codes ist eine Zuordnung von Lichtmanagement-Anforderungen für Weinreben während verschiedenen Wachstumsphasen möglich [Staatliches Weinbauinstitut Freiburg 2021].

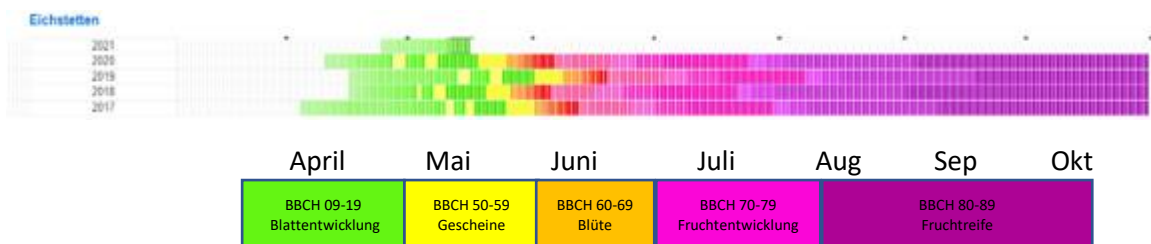


Abbildung 17: Historische Wachstumsdaten in Eichstetten (oben), BBCH-Stadien (Mitte)
[Quelle: modifizierte Darstellung: Staatliches Weinbauinstitut 2021]

Tabelle 5: Anforderungen an PAR

Entwicklungsstadien	Anforderung PAR
BBCH < 53: Vor der Blüte	Bis zu > 60 Prozent PAR möglich
BBCH 53 - 69: Geschein / Blüten	Mindestens 80 Prozent PAR (ertragsbestimmende Knospenbildung priorisieren)
BBCH 71 - 89: Fruchtreife (Säureabbau, Aromabildung)	70 – 80 Prozent PAR (gezielte Reifeverzögerung)
Nach Ernte	> 50 Prozent PAR; minimal PAR (Stromertrag priorisieren)

[Quelle: Fraunhofer ISE 2021a]

Potentiale zur Ökologisierung des Pflanzenbaus in Verbindung mit einer Viti-PV Anlage

Bei einer Neuanlage einer Rebfläche stellt sich für die Winzer:innen die Frage nach der Sortenwahl. Im Zuge der Neustrukturierung von Rebanlagen ist der Einsatz von PIWI-Neuzüchtungen, die weniger krankheitsanfällig sind als die bekannten Rebsorten, auch in Verbindung mit der Errichtung einer Viti-PV Anlage besonders interessant. Es gibt PIWI-Sorten, welche mit 1 - 2 Applikationen von Pflanzenschutzmitteln pro Saison auskommen (im Gegensatz zu 8-10 Applikationen bei einer konventionellen Weinbau-Sorte). Die Vorteile liegen auf der Hand: reduzierter Spritzmittelaufwand = reduzierter Arbeitsaufwand = reduzierte Kosten (für Spritzmittel und für die Arbeit) und damit eine Ökologisierung der Weinbauwirtschaft.

Interessant ist die Verwendung von PIWIs in Verbindung mit Viti-PV Anlagen auch deshalb, weil dadurch die Möglichkeit von Spritzmittelablagerungen auf den PV-Modulen erheblich reduziert wird. Eine Modulreinigung in einer Dauerkultur ist technisch aufwändig und teuer. Daher erscheint die Kombination einer PIWI-Neuanlage mit einer Viti-PV Anlage als ideale Alternative [Winter 2021].

Wie oben bereits beschrieben, wurden im April 2022 die Flächen 2 und 3 nach den Erkenntnissen mit der PIWI-Sorte Sauvignac neu bepflanzt. Die Sorte Sauvignac ist eine Züchtung des Schweizer Rebenzüchters Valentin Blattner (VB CAL 604) und ist eine Kreuzung der Rebsorten Sauvignon & Riesling und einem nicht näher bekannten Resistenzpartner. Als regionale Züchtung hat diese Weißweinsorte eine hohe Pilzwiderstandsfestigkeit (nur 1-2 Behandlungen im Jahr erforderlich) und überzeugte u.a. bei ersten Anbauversuchen in Rheinland-Pfalz [Ladach 2020].

Berücksichtigung von Belangen des Natur- und Artenschutzes/Landschaftsbild

Der Standort liegt in der Randzone eines Natura 2000 Schutzgebietes. Hier wurde ein entsprechendes Gutachten (Vorprüfung Natura 2000) für die Vorlage bei den Genehmigungsbehörden (Landratsamt Emmendingen) erstellt. Die Begehung der Flurstücke fanden Ende Januar 2022 statt. In die Begehung waren auch eine Beurteilung der angrenzenden Böschungsbereiche miteinbezogen.

Am 29. November 2021 fand ein Informations- und Konsultationstreffen mit 9 Vertreter:innen der Kreisgruppe des NABU (Nördlicher Kaiserstuhl), der BUND Kreisgruppe Emmendingen, des KLIMANETZWERKES Riegel sowie der damaligen Bürgerenergiegenossenschaft Endingen (mittlerweile BürgerEnergie Kaiserstuhl) auf dem Reb Gelände statt. Bei dem Treffen wurden die geplante Errichtung einer Viti-PV Anlage erläutert und gemeinsam Fragen zum Artenschutz und zur Beeinträchtigung des Landschaftsbildes erörtert. Da der Großteil der Rebflächen im Gewinn Burg intensiv bewirtschaftet wird, gibt es keine unmittelbaren naturschutzrechtlichen Bedenken. Hinsichtlich des Artenschutzes wurde auf die bevorstehende Vorprüfung im Rahmen des Natura 2000 Gutachtens hingewiesen. Es wurde außerdem die Möglichkeit einer ökologischen Aufwertung des Viti-PV Standortes diskutiert. Durch die Neupflanzung von PIWI Sorten ist eine 80-90% Reduzierung von Fungiziden vorgesehen. Herbizide oder Pestizide kamen ohnehin nie bei den extensiv bewirtschafteten Rebflächen des Winzers zum Einsatz, sodass theoretisch nach der Neuanlage auch eine völlige Umstellung auf Bio-Weinanbauperspektivisch möglich wäre. Die Abbildung 18 zeigt, wie mithilfe einer Dummy-Installation der optische Eindruck einer Viti-PV Anlage demonstriert wurde.



*Abbildung 18: Dummy-Installation Viti-PV Riegel
[Quelle: Eigene Aufnahmen]*

Die größten Bedenken bei dem Vor-Ort Treffen gab es hinsichtlich der Beeinträchtigung des Landschaftsbildes. Eine Viti-PV Anlage in der kleinparzelligen Reblandschaft am Kaiserstuhl stellt einen Eingriff in das Landschaftsbild dar. Dieser solle sowohl für Naherholungssuchende aus dem Dorf sowie

auch für auswärtige Touristen/Urlauber möglichst minimal sein. Es bestand Konsens darin, dass keinesfalls eine flächenbedeutsame „Überdachung der Kulturlandschaft“ a la den Gewächshäusern wie in Almuria (Spanien) anzustreben wäre. Vielmehr wäre eine Zonierung in bestimmten Gebieten wünschenswert, in denen Eingriffe von Viti-/Agri-PV Anlagen in das Landschaftsbild als weniger störend wahrgenommen werden.

Gründe, die für eine Viti-PV Anlage an diesem Standort sprechen, sind:

- Der Anlagenstandort liegt auf dem höchsten Geländepunkt in Riegel und ist somit vom Dorfbereich nicht einsehbar. Auch von den umgebenden tieferliegenden Rebflächen ist die visuelle Wahrnehmung begrenzt.
Da die PV-Module südwärts ausgerichtet werden, ist eine Blendwirkung für das nördlich gelegene Dorf, die Michaelskapelle sowie westlichen Dorfteile nicht gegeben. Ebenso ist die visuelle Beeinträchtigung auf mittlere Distanzen aus gering einzuschätzen: z.B. liegen die Flächen auf der östlich gelegenen Hecklinger Burg, dem südlich gelegenen Nimberg sowie der südöstlich gelegenen Mundinger Vorbergzone auf ungefähr gleichem Geländeniveau.
- Eine unmittelbare Beeinträchtigung des Landschaftsbildes ist nach ersten Einschätzungen lediglich für Spaziergänger:innen gegeben, die sich auf der terrassierten Rebfläche bewegen oder den Aussichtspunkt auf der Dachfläche des Hochbehälters nutzen (diese ist nur lokal bekannt). Vom südwestlichen Aussichtspunkt der Michaelskapelle selbst ist nur die Fläche 1 teilweise einsehbar. Hier wirkt die bewaldete Böschung der Fahrgasse zwischen der Michaelskapelle und der Rebterrasse des Hochbehälters als natürlicher Sichtriegel und versperrt mehr oder weniger vollständig (in Abhängigkeit der Vegetationszeit) die Einsicht auf die Rebanlagen 2 - 3.
- Eine Blendwirkung für Besucher:innen der Michaelskapelle ist weitgehend ausgeschlossen, da die PV-Module alle in südlicher Ausrichtung, das heißt in abgewandter Richtung von der Michaelskapelle mit einem Neigungswinkel von ca. 20° Grad montiert sind. Die Teile der Viti-PV Anlage, die von der Michaelskapelle wahrgenommen werden können, sind relativ klein und haben die Anlagengröße von ca. 2 Car-Ports. Diese Flächen bieten das Potential die Neugier von Besuchern zu wecken und das Projekt „Viti-PV“ auf einer Schautafel entsprechend vorzustellen. Die unmittelbare Nähe des Aussichtspunktes auf der Michaelskapelle, der Aussichtsplattform auf dem Hochbehälter bietet sich als idealer Standort für die Akzeptanzforschung und das geplante pädagogische Begleitprojekt an. Hier bietet die Existenz einer kleinen Viti-PV Pilotanlage die Möglichkeit die eigene Wahrnehmung über potentielle Eingriffe in das Landschaftsbild zu beurteilen, eigene „Vorurteile“ kritisch zu hinterfragen und allgemein die Besucher:innen hinsichtlich der Notwendigkeit des Einsatzes von erneuerbaren Energie als Bestandteil der Kulturlandschaft zu sensibilisieren.

5.1.5 Netzeinspeisepunkte

Eine wichtige Rolle im Rahmen der Machbarkeitsprüfung ist es frühzeitig im Rahmen der Erstprüfung eines möglichen Agri-PV/Viti-PV Standorts die Abklärung der Anschlussmöglichkeit an das öffentliche Stromnetz. Hier gilt grundsätzlich:

- Gibt es keine Anschlussmöglichkeit an einem nahegelegenen Netzeinspeisepunkt ist **die technische Machbarkeit nicht gegeben**, d.h. der von der Viti-PV Anlage erzeugte Strom kann nicht eingespeist werden.
- Ein wesentlicher Faktor bezüglich der wirtschaftlichen Machbarkeit stellt überdies die Entfernung zwischen der geplanten Anlage und dem Netzeinspeisepunkt dar. Je größer die Entfernung desto höher sind die Kosten für die Verlegung eines zusätzlichen Erdkabels zwischen Viti-PV Anlage und Netzeinspeisepunkt. Diese Kosten müssen vom Anlagebetreiber getragen werden. Bei der Verlegung von Erdkabel können sechsstelligen Eurobeträge fällig werden. Muss dann der Netzbetreiber noch eine extra-Trafostation im Weinberg errichten und der Anlagenbetreiber sich noch an den Errichtungskosten beteiligen, müssen eventuell beträchtliche zusätzliche Investitionskosten in der Anlageplanung berücksichtigt werden. Abhängig von der Größe der geplanten Anlage kann die Entfernung zum nächsten Netzverknüpfungspunkt somit ein maßgeblicher Faktor für die **wirtschaftliche Machbarkeit** eines Projekts sein.

Im Weinanbaugebiet Kaiserstuhl sind die weinbaulich bewirtschafteten Flächen in der Regel nicht mit der erforderlichen Netzinfrastruktur zum Anschluss von PV-Freiflächenanlagen erschlossen. Ausnahmen sind Flächen unmittelbar in der Nähe von Weingütern oder Aussiedlerhöfen, Flächen in unmittelbarer Nachbarschaft von z.B. Traubenannahmestellen von örtlichen Winzergenossenschaften oder Rebflächen in den periurbanen Siedlungsbereichen der Ortschaften des Kaiserstuhls. Die Flächen, die sich als Viti-PV Standorte am ehesten anbieten, sind also die Rebflächen in unmittelbarer Nachbarschaft von Weinbaubetrieben, da diese einerseits baulich privilegiert sind und andererseits durch ihre Nähe zu bestehenden Netzeinspeisepunkten geringe zusätzliche Netzanschlusskosten aufweisen.

Bei dem geplanten Viti-PV Anlagenstandort in Riegel handelt es sich um einen Standort im periurbanen Siedlungsbereich, d.h. außerhalb des bebauten Ortsgebiets, aber in geringer Entfernung zu diesem und somit in geringer Entfernung zu potentiellen Netzeinspeisepunkten (siehe Abb. 19). Die besondere Lage des Standortes ergibt sich aus der Nähe zu mehreren baulichen Einrichtungen, welche als mögliche Netzeinspeisepunkte potentiell in Frage kommen (maximaler Radius von 350 m):

1. **Hochbehälter** zur Wasserversorgung der Gemeinde Riegel: Hier müsste nur ein Minimum an Entfernung überbrückt werden, d.h. die Leitungsarbeiten würden sich auf insgesamt > 50 m Grabungsarbeiten beschränken. Allerdings beschränkt sich der Stromverbrauch des Hochbehälters auf wenige Hundert Kilowattstunden im Jahr, so dass sich eine Einspeisung für den Eigenverbrauch nicht lohnt.
2. Anschlusspunkt **Beleuchtung Michaelskapelle**. Die Beleuchtung der Michaelskapelle geschieht über einen einfachen Baustromanschlusskasten, der im Aufgangsbereich der Kapelle installiert ist. Von dort führt ein Stromkabel z.T. als Freileitung zu einer Trafostation im Amtshof. Hier handelt es sich um den Standort mit der weitesten Entfernung zu einer möglichen Netzanschlusspunkt.
3. **Michaelschule Riegel**: Die Michaelschule liegt unterhalb der Michaelskapelle. Direkt oberhalb der Schule befindet sich der alte Hochbehälter, worüber Riegel bis Mitte der 90er Jahre mit Wasser versorgt wurde, bevor dieser aus Altersgründen stillgelegt werden musste. Seither erfolgt die Wasserversorgung Riegels über den neuen Hochbehälter in der direkten Nachbarschaft zum geplanten Viti-PV Anlagenstandort.

4. **Riegeler Brauerei** mit ihren umgebauten **Loft-Wohnungen** sowie der neu erbauten Wohnanlage: Diese liegen direkt unterhalb den Rebflächen 2-4 am östlichen Steilhang. Diese Anschlussmöglichkeit wurde ursprünglich nicht berücksichtigt und kam erst als zusätzliche Alternative zu einem späteren Zeitpunkt der Planung hinzu.



Abbildung 19: Potentielle Netzeinspeisepunkte
[Quelle: Google, modifiziert]

Um die Möglichkeit eines Netzanschlusses der geplanten Anlage zu prüfen war es notwendig eine Netzananschlussanfrage an den zuständigen Netzbetreiber zu stellen. Dies sollte möglichst frühzeitig in der Anlagenplanung geschehen. In Riegel ist die Netze BW als regionaler Netzbetreiber für die Netzeinspeisung zuständig und kann dem jeweiligen Betreiber der PV-Erzeugungsanlage passende Netzeinspeisepunkte zuweisen. Sie erteilt außerdem die Zustimmung zu dem vorgeschlagenen Messkonzept bzw. Messtellenbetrieb (z.B. Stromeinspeisung). Die Netzanschlussanfrage gliedert sich in drei Schritte:

1. **Netzanschlussanfrage:** Ein Anfrageformular für die Netzeinspeisung wurde mit Unterstützung eines lokalen Elektroinstallateurs ausgefüllt und am 20.09.2021 an die Netze BW verschickt zusammen mit den notwendigen Unterlagen (Standort, Lageplan, Informationen zur geplanten Größe und Leistung der Anlage etc.).
2. **Netzverträglichkeitsprüfung:** Hierbei ermittelt der Netzbetreiber den Verknüpfungspunkt, der sich am besten für die Einspeisung des erzeugten Stroms eignet.
3. **Netzverknüpfungspunkt:** Der Netzbetreiber informiert den Antragsteller innerhalb einer vorgegebenen Frist über den zugewiesenen Netzverknüpfungspunkt.

Mitte Oktober 2021 erhielt das Projektteam als Antragssteller das Antwortschreiben der Netze BW, bei dem die Michaelsschule als Netzverknüpfungspunkt zugewiesen wurde. Aufgrund der unmittelbaren Nachbarschaft der geplanten Viti-PV Anlage hatte das Projektteam ursprünglich gehofft, den Hochbehälter als Netzeinspeisepunkt nutzen zu können, da diese Variante mit nur wenig zusätzlichen Erdkabelverlegeaufwand verbunden gewesen wäre.

Die Netzanschlussvariante mit der Michaelsschule hatten das Projektteam nur „theoretisch“ auf der Liste. Nachdem jedoch die Michaelsschule als Netzverknüpfungspunkt zugewiesen wurde, mussten entsprechende zusätzliche Kosten für die wesentlich umfangreicheren Erdkabelverlegearbeiten eingeplant werden. Es war absehbar, dass dadurch der wirtschaftliche Betrieb der Anlage nicht möglich wäre. Der Bescheid der Netze BW stellte eine wichtige Zäsur dar, indem er das Projektteam zwang neben den anlagen-, bautechnischen und genehmigungsrechtlichen Herausforderungen bei der Konzeption dieser Viti-PV Pilotanlage, sich schon früh mit dem Betriebskonzept und der wirtschaftlichen Machbarkeit zu beschäftigen.

In diese Phase der Überlegungen ergab sich im Jahr 2022 die Möglichkeit sich an einem Forschungsprojekt des Landkreises Emmendingen RegioWIN 2030 zu beteiligen und damit die Gelegenheit zu nutzen zusätzliche Fördermittel zur Umsetzung der Projektidee einzuwerben (siehe Kapitel 4.3).

5.1.6 Fazit für Riegel

Eine Kernfrage der geplanten Versuchsanlage auf dem Michaelsberg ist, ob und wie eine Viti-PV Anlage einen Beitrag zum Strukturwandel von Weinbauregionen in Zeiten des Klimawandels leisten kann. Die sozio-ökonomischen Bedingungen des Standorts in Riegel sind typisch für den Weinbau am Kaiserstuhl: kleinparzellige und heterogene Eigentümer:innenstrukturen, eine Überalterung der Winzer:innen-schaft sowie Flächen, die im Nebenerwerb seit Generationen bewirtschaftet werden, für die jedoch zunehmend die Nachfolger:innen fehlen. Hinzu kommt eine Winzergenossenschaft mit schrumpfender Mitgliederzahl und ein Weinbau, der sich angesichts stagnierender oder rückläufiger Absatzmärkte insgesamt in einer Phase des Umbruchs befindet. Darüber hinaus stellt der Klimawandel die Branche vor zusätzlichen Herausforderungen.

Auf einer potentiellen Viti-PV-Teilfläche am Michaelsberg wird daher versucht, durch die Umstellung auf eine pilzwiderstandsfähige Rebsorte sowie eine ressourcenschonende Bewirtschaftung, klimaan-gepasste Lösungen zu erproben. Auf den neu angelegten Rebflächen soll zudem die Schutzwirkung der geplanten Viti-PV Anlage weiter untersucht werden. Die Flächen sind klein, aber aufgrund der guten Zuwegung, der Nähe zu potenziellen Netzverknüpfungspunkten und der Nähe zur Michaelskapelle (Ausflugziel für Nah- und Ferntouristen) besonders gut geeignet für eine kleine Viti-PV Pilotanlage.

Dadurch bietet sich eine gute Gelegenheit, interessierte Besucher*innen über die Chancen von Agri/Viti-PV zu informieren.

Die Flächen erfüllen die weinbaulichen Anforderungen an eine Versuchsanlage und der weiche Lössboden bietet ideale Voraussetzungen für eine geramte Tragwerkskonstruktion.

5.2. AP2 – Planung und Baurecht

Bei der Planung, Dimensionierung und Errichtung einer Agri-PV Anlage sind viele Aspekte zu beachten. Es handelt sich um ein komplexes Projekt mit langer Realisierungsdauer. Unter anderem muss ein ausreichend langer Zeitraum für die Planungs- und Genehmigungsphase eingeplant werden. Insbesondere der Genehmigungsprozess kann sich lange ziehen.

In der Planungsphase ist eine sorgfältige Abstimmung technischer, baurechtlicher und umweltrechtlicher Aspekte erforderlich, was ebenfalls sehr zeitintensiv ist. Aus technischer Sicht sind in der Planungsphase insbesondere die Anlagengründung, die Tragwerksplanung und die Anlagendimension unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Nutzung und der Bodenbeschaffenheit sowie der landwirtschaftlichen Bodennutzung zu betrachten.

Zudem sind im Rahmen des Genehmigungsprozesses komplexe Regelungen auf Bundes- und Landesebene zu beachten, die durch jüngste Gesetzesänderungen (Solarpaket 1) Erleichterungen erfahren haben. Das Solarpaket 1 (offiziell: „Gesetz zur Änderung des EEG und weiterer energiewirtschaftsrechtlicher Vorschriften zur Steigerung des Ausbaus photovoltaischer Energieerzeugung“) wurde im April 2024 beschlossen. Das sog. „Solarpaket 2“ ist in der Planung (Stand September 2025).

5.2.1 Anlagenplanung

Die technische Planung der Gesamtanlage ist ein enges Zusammenspiel aus Betrachtungen zur Gründung (Kraftübertrag ins Erdreich) und zum Tragwerk (Aufständigung). Die Art der Gründung ist ein wesentliches Merkmal einer Agri-PV Anlage. Weiter sind die Solarkomponenten (PV-Module, Wechselrichter und ggf. die ergänzende Modulsteuerung) wichtige Komponenten die in der Planung betrachtet werden müssen.

Gründung und Bodenbeschaffenheit

Im Rahmen der Projektentwicklung und Planung ist zu berücksichtigen, dass gegebenenfalls eine teilweise oder vollständige Rückbaubarkeit des gesamten Agri-PV-Systems, insbesondere auch der Gründung (Verankerung im Boden) sichergestellt werden muss. Grund hierfür kann die Forderung nach einer landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeit auch nach dem Rückbau der Anlage sein. Die landwirtschaftliche Nutzung muss ggf. auch zukünftig und weiterhin im ursprünglichen Zustand erhalten bleiben – auch nachdem die Lebensdauer der Anlage abgelaufen ist und die Anlage zurück gebaut wird [DIN SPEC 91434:2021-05]. Damit die landwirtschaftliche Hauptnutzung der Agrarfläche langfristig sichergestellt werden kann, ist folgendes zu beachten:

- Die Bodenbeschaffenheit darf sowohl beim Anlagenbau als auch beim Rückbau der Anlage nicht nachteilig verändert werden.
- Eine Nutzungseinschränkung durch Eintrag oder Rückstände von Materialien oder Substanzen in das Bodengefüge ist zu verhindern.

- Aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung ist besonders auf den Schutz auslaufender Betriebsstoffe zu achten.
- Es wird empfohlen, bei Auf- und Rückbau der Anlage spezielle Reifen oder Maschinen und mobile Fahrstraßen zu verwenden, welche die Bodenverdichtung vermindern.
- Außerdem sollte der Zeitpunkt des Anlagenbaus so gewählt werden (z.B. trockener Boden), dass eine Schädigung des Bodengefüges vermieden wird.
- Die Anlage muss unschädlich und rückstandsfrei komplette zurück gebaut werden können [DIN SPEC 91434:2021-05].

Baustatik

Agri-PV Anlagen müssen ausreichend baustatisch dimensioniert und gegen äußere Einflüsse gesichert werden. Lagesicherung und Stabilisierung können durch Befestigung oder Verankerung an Objekten, im Boden (Gründung) oder an anderen baulichen Anlagen erreicht werden. Bei Agri-PV Anlagen erfolgt die Lagesicherung in der Regel durch Verankerung im Untergrund. Die Stabilisierung der Anlage wird durch ein in sich abgestimmtes, baustatisches System sichergestellt. Bauliche Tragwerke werden in Deutschland auf Basis des Eurocode berechnet und dimensioniert. Ergänzend sind jeweils die gültigen nationalen Anhänge zu beachten. Obwohl die Eurocodes die DIN-Normen in weiten Teilen ersetzt haben, sind manche DIN-Normen noch zusätzlich oder übergangsweise gültig.

Im (baustatischen) Nachweisverfahren und insbesondere bei der Berechnung der Lichtverfügbarkeit müssen alle Teile der PV-Module und der Tragwerkskonstruktion berücksichtigt werden, welche die Lichtverfügbarkeit und den Wasserhaushalt erheblich beeinflussen. Verglasung und Verkapselungsmaterialien zwischen den PV-Zellen können als zellfreier Raum mit einem Transmissionsgrad von 100 % definiert werden, um die Komplexität der Berechnung zu verringern [DIN SPEC 91434:2021-05].

Kategorien nach DIN SPEC

Die DIN SPEC 91434:2021-05 hat für Planung, Betrieb, Dokumentation und Betriebsüberwachung von Agri-PV Anlagen eine wesentliche Bedeutung erlangt. Die DIN SPEC 91434:2021-05 ist eine sogenannte Vornorm, die im Mai 2021 veröffentlicht wurde. Es gibt derzeit Bestrebungen, die DIN SPEC 91434:2021-05 in eine vollständige Norm zu überführen. Dazu soll ein DIN-Arbeitsausschuss gegründet werden (Stand Mai 2025) [DIN Deutsches Institut für Normung e.V. 2025].

Obwohl die DIN SPEC 91434 keine verbindliche Norm ist, hat sie in der Praxis eine hohe Relevanz erlangt. Das Fraunhofer ISE und die Universität Hohenheim haben die Erstellung der DIN SPEC 91434:2021-05 „Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung“ angestoßen. Ziel der DIN SPEC 91434:2021-05 als Vorläufer einer regulären Norm ist es, ein Prüfverfahren für Agri-PV Anlagen vorzubereiten. Andreas Steinhüser vom Freiburger Fraunhofer ISE hat das Konsortium, das die Spezifikation erarbeitet hat, geleitet.

A. Steinhüser: „Mit dem DIN-Standard senken wir das technische Risiko für alle Projektbeteiligten, insbesondere für die Landwirte als Nutzer der Flächen unter der Anlage, sowie für die Betreiber und Genehmigungsbehörden“ [Energiezukunft 2021].

Im Juni 2024 wurde ergänzend die DIN SPEC 91492:2024-06 veröffentlicht. Sie ergänzt die DIN SPEC 91434:2021-05 und berücksichtigt die besonderen Bedürfnisse der Tierhaltung in Agri-PV-Systemen.

Wie in Kapitel 5.1 erwähnt, unterscheidet die DIN SPEC 91434:2021-05 Anlagen der Hauptkategorie I und II. Beide Hauptkategorien können weiter in vier Nutzungskategorien unterteilt werden (siehe Tab. 6).

Tabelle 6: Darstellung der landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten in Agri-PV-Anlagen der Kategorie I und Kategorie II

Agri-PV-Systeme	Nutzung	Beispiele
Kategorie I: Aufständigung mit lichter Höhe Bewirtschaftung unter der Agri-PV-Anlage (Bild 1)	1A: Dauerkulturen und mehrjährige Kulturen	Obstbau, Beerenobstbau, Weinbau, Hopfen
	1B: Einjährige und überjährige Kulturen	Ackerkulturen, Gemüsekulturen, Wechselgrünland, Ackerfutter
	1C: Dauergrünland mit Schnittnutzung	Intensives Wirtschaftsgrünland, extensiv genutztes Grünland
	1D: Dauergrünland mit Weidenutzung	Dauerweide, Portionsweide (z. B. Rinder, Geflügel, Schafe, Schweine und Ziegen)
Kategorie II: Bodennahe Aufständigung Bewirtschaftung zwischen den Agri-PV-Anlagenreihen (Bild 3 und Bild 4)	2A: Dauerkulturen und mehrjährige Kulturen	Obstbau, Beerenobstbau, Weinbau, Hopfen
	2B: Einjährige und überjährige Kulturen	Ackerkulturen, Gemüsekulturen, Wechselgrünland, Ackerfutter
	2C: Dauergrünland mit Schnittnutzung	Intensives Wirtschaftsgrünland, Extensiv genutztes Grünland
	2D: Dauergrünland mit Weidenutzung	Dauerweide, Portionsweide (z. B. Rinder, Geflügel, Schafe, Schweine und Ziegen)

[Quelle: DIN SPEC 91434:2021-05]

Eine Agri-PV Anlage nach Kategorie I ist gekennzeichnet durch eine Aufständigung mit lichter Höhe und der Bewirtschaftung unter der Anlage. Kategorie II Anlagen sehen eine bodennahe Aufständigung und die Bewirtschaftung zwischen den Anlagenreihen vor [DIN SPEC 91434:2021-05].

Nach aktuellem Stand (September 2025) fällt die geplante Anlage in Riegel mit einer vorgesehenen Aufbauhöhe von 2,1 m in Kategorie I der DIN SPEC 91434:2021-05. Die Solarmodule können bei Kategorie I Anlagen in unterschiedlichen Winkeln und Positionen am Tragwerk angebracht werden und so die landwirtschaftlich nutzbare Fläche (AL) teilweise oder ganz überdachen (siehe Abb. 20) Die landwirtschaftlich nicht nutzbare Fläche (AN) beschränkt sich auf die Fläche der Aufständigung und Bereiche, die im Zuge der Bearbeitung des Felds für eine herkömmliche Bearbeitung aufgrund der PV Anlage nicht mehr zu Verfügung stehen.

Einer Agri-PV Anlage der Kategorie I muss sowohl landwirtschaftliche Anforderungen berücksichtigen (Bewirtschaftung, Ernte, ...) aber auch der Arbeitsschutzgesetzgebung entsprechen. Da beispielsweise Erntearbeiten unter Glas-PV-Modulen stattfinden müssen, ist die Arbeitssicherheit bei der Traubenernte zu gewährleisten. Durch Beschädigung oder Bruch von Glasmodulen und herabfallenden Splintern darf niemand verletzt werden.

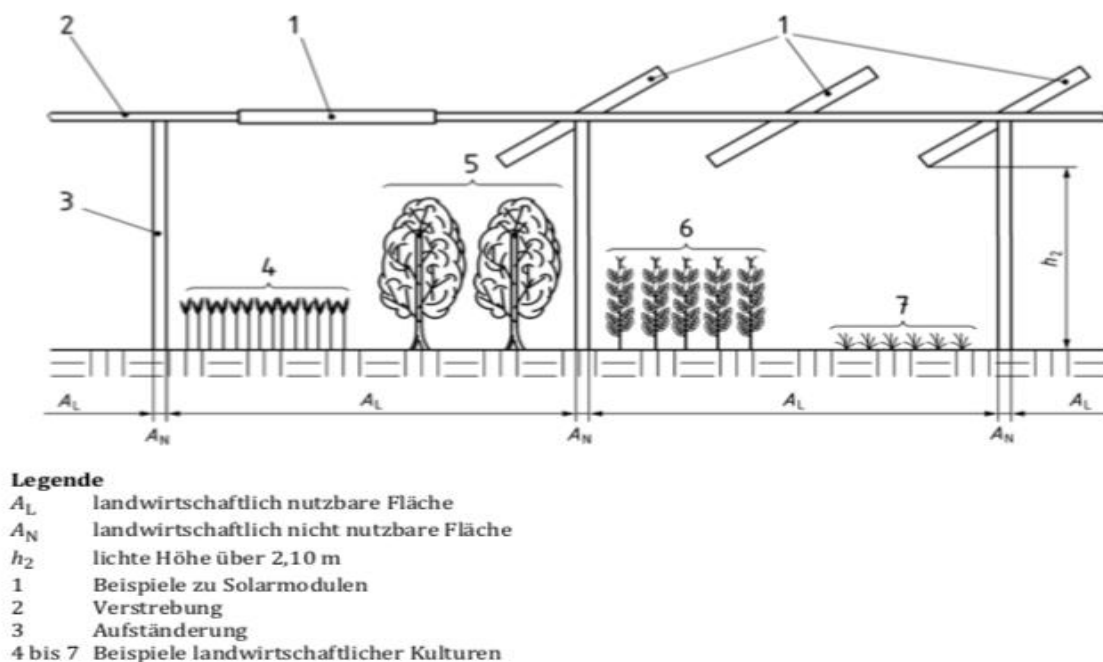


Abbildung 20: Darstellung zu Kategorie I
 [Quelle: DIN SPEC 91434:2021-05]

Weiter ist auch der mechanischen Beschädigung der Haupttragstruktur (Stützen Tragwerk) der Agri-PV Anlage durch Landmaschinen vorzubeugen. Dazu kann zum Beispiel ein Rammschutz um die Pfosten angebracht werden. Dieser sollte unabhängig von den Pfosten im Boden befestigt werden [DIN SPEC 91434:2021-05].

Fazit für Riegel

Die Anlage in Riegel soll aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Fokus auf die Zielgruppe (Nutzer:innen und Betreiber:innen) dies vorgibt, technisch einfach und in den Dimensionen überschaubar geplant werden. Die vollständige Rückbaubarkeit der Anlage inklusive der Gründung muss eingeplant werden. Mit dem geplanten Gründungsverfahren für die Anlage in Riegel ist dies möglich. Die Bodenbeschaffenheit lässt die gewünschte Gründung zu.

Die Anlage soll weiter möglichst simple, übersichtlich und unauffällig konzipiert sein, um den Genehmigungsprozess zu vereinfachen, die Akzeptanz zu erhöhen und um den zukünftigen Anlagenbetrieb sowie den Rückbau einfach zu halten. Dennoch muss es eine Anlage der Kategorie I sein, um den Anforderungen aus der landwirtschaftlichen Nutzung (Weinbau) gerecht zu werden. Dies ist bei der Planung zu berücksichtigen.

Die Gründung, Tragwerk und Baustatik und das baustatische Nachweisverfahren sollen einfach gehalten sein. Bei der Planung wird daher, soweit vorhanden, auf bereits bekannte und etablierte Systeme und Verfahren zurückgegriffen. Aufgrund bestehender Kontakte, die im Rahmen der Zusammenarbeit während der Konzeptstudie entstanden sind, kann auf Unterstützung eines, in der Materie bereits erfahrenen, Planungsbüros zurückgegriffen werden.

5.2.2 Baurecht

Je nach den Rahmenbedingungen ist das Errichten einer Agri-PV Anlage in Deutschland ein genehmigungspflichtiges, baurechtliches Vorhaben. Im Leitfaden „*Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende*“ des Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) wird darauf verwiesen, dass es sich bei Agri-PV Anlagen um bauliche Anlagen handelt, die in der Regel eine Baugenehmigung benötigen [Fraunhofer ISE 2024].

Eine vereinfachte Übersicht zu den Grundlagen des Baugenehmigungsverfahrens ist in Abbildung 21 dargestellt:

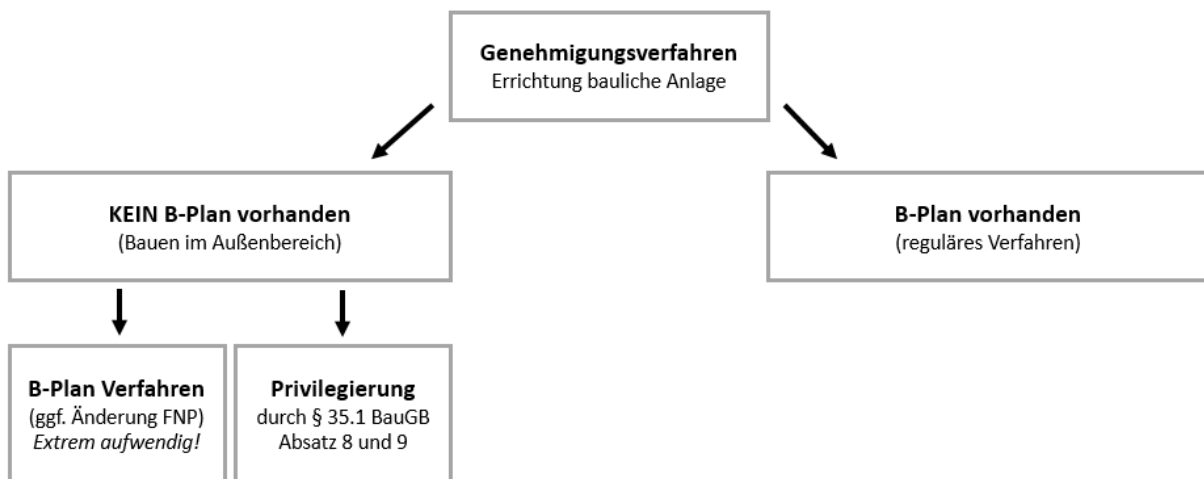


Abbildung 21: Grundlage der Baugenehmigung einer Agri-PV Anlage
[Quelle: Eigene Darstellung]

Zur Erlangung einer Baugenehmigung ist ein formelles Gesuch in Form eines Bauantrags bei der zuständigen Bauaufsichtsbehörde einzureichen und zwar unbedingt bevor mit einem Bauvorhaben begonnen werden darf. Bestandteil des Bauantrags hierfür sind unter anderem mindestens das Antragsformular, ein Lageplan mit Flurstücknummer, Planzeichnungen (Grundrisse, Schnitte, Ansichten) eine detaillierte textliche Baubeschreibung und eine Baustatik. Neben bzw. für den Bauantrag sind zusätzlich zum Bundesbaurecht weitere Besonderheiten der Landesgesetzgebungen sowie solche aus dem Natur- und Denkmalschutz zu berücksichtigen.

Aktuell (Stand März 2025) wurde in Baden-Württemberg das Baugenehmigungsverfahren für erneuerbare reformiert. Mit dem „Gesetz für das schnellere Bauen“ überarbeitete Baden-Württemberg seine Landesbauordnung (LBO) grundlegend. Am 13. März 2025 beschloss der Landtag die zentralen Neuerungen und zum 28. Juni 2025 sind sie in Kraft getreten. Freiflächen-PV und Agri-PV sind künftig verfahrensfrei, da die klassische Baugenehmigung entfallen ist. Das bedeutet, dass weder eine Anzeige noch eine Genehmigung durch die Behörde erforderlich ist. Dies gilt nun auch für größere PV Anlagen, da die bisherigen Größenbeschränkungen von 3 m Höhe und 9 m Gesamtlänge aufgehoben wurden [Himmelsbach 2025].

Trotz des Wegfalls des Genehmigungsverfahrens müssen alle rechtlichen Anforderungen weiterhin eingehalten werden. Insbesondere bleiben die Vorgaben des Bauplanungsrechts, des Bauordnungsrechts sowie des Umweltrechts uneingeschränkt gültig. Es ist in Baden-Württemberg weiterhin eine

naturschutzrechtliche Genehmigung erforderlich, wenn Eingriffe in Natur und Landschaft zu erwarten sind. Auch in Schutzgebieten, Natura-2000-Gebieten oder bei besonderen Umweltbelangen sind zusätzliche Prüfungen und Genehmigungen möglich bzw. nötig.

Liegt keine Privilegierung nach § 35 Baugesetzbuch für Vorhaben im Außenbereich vor, ist nach wie vor die Änderung oder Aufstellung eines Bebauungsplans erforderlich – wie in Abbildung 21 dargestellt. Vereinfacht wurde lediglich der formale Ablauf: Es ist kein Bauantrag mehr erforderlich, ebenso entfällt die Pflicht, auf eine Genehmigung oder eine Baufreigabe zu warten [Himmelsbach 2025].

Die Erleichterungen haben jedoch auch Schattenseiten: Entfällt die Prüfung durch die zuständigen Genehmigungsbehörden obliegt dem Projektierer alleine die Pflicht zu gewährleisten, dass die Anlage rechtskonform errichtet wird. Bei kritischen Fragen kann man als Projektentwickler Bauvorbescheide beantragen, diese sind allerdings nur für einzelne Fragestellungen möglich und können keine umfassende Absicherung des Vorhabens bieten [Himmelsbach 2025].

Somit bleiben die grundlegenden Anforderungen, Hürden und Probleme im Wesentlichen und in weiten Teilen der Bundesrepublik weiterhin bestehen. Im Folgenden werden daher die klassischen Rahmenbedingungen, Vorgehensweisen und Schritte zur Baugenehmigung beschrieben. In Deutschland wird im Baurecht generell unterschieden nach:

1. Flächen mit Bebauungsplan (B-Plan)

Dabei handelt es sich um Gebiete, für die ein einfacher oder qualifizierter Bebauungsplan vorliegt. Entspricht ein Bauvorhaben den Festsetzungen dieses Plans, wird die Baugenehmigung in der Regel ohne weitere Einschränkungen erteilt. Der Vorteil liegt in der rechtlichen Klarheit: Die Vorgaben des Bebauungsplans definieren eindeutig, was zulässig ist und was nicht, wodurch die Genehmigungsfähigkeit eines Vorhabens eindeutig beurteilbar ist [BauGB §30 Zulässigkeit von Vorhaben im Geltungsbereich eines Bebauungsplans].

2. Flächen ohne Bebauungsplan (im Innenbereich)

Hierbei handelt es sich um Gebiete innerhalb im Zusammenhang bebauter Ortsteile, für die kein Bebauungsplan existiert. Ein Vorhaben ist in der Regel dann genehmigungsfähig, wenn es sich in die Eigenart der näheren Umgebung einfügt und die Erschließung gesichert ist. Besonderheit: Es gibt keine detaillierten Festsetzungen. Im Genehmigungsverfahren wird die Einfügung in die bestehende Umgebung überprüft [BauGB §34 Zulässigkeit von Vorhaben innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile].

3. Flächen im Außenbereich

Gebiete außerhalb der im Zusammenhang bebauter Ortsteile sind sog. „Flächen im Außenbereich“. Baugenehmigungen werden nur für privilegierte Vorhaben (z. B. Landwirtschaft, Forstwirtschaft) oder unter besonderen Voraussetzungen (z. B. öffentliche Belange) erteilt. Die Hürden für eine Baugenehmigung sind hier am höchsten, da der Außenbereich grundsätzlich von Bebauung freigehalten werden soll [BauGB §35 Bauen im Außenbereich].

Eine Viti-PV Anlage muss sich per Definition auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche für Weinbau befinden. Solche Flächen liegen meist im Außenbereich ohne Bebauungsplan. Dies erschwert das Erwirken einer Baugenehmigung enorm. Für Flächen im Außenbereich ohne Bebauungsplan wird, wie oben erläutert, BauGB §35 herangezogen. §35 ist in fünf Absätze gegliedert: Privilegierte Vorhaben,

Sonstige Vorhaben, Öffentliche Belange, Begünstigte Erweiterungen und Erleichterungen für Wohngebäude. Für die Genehmigung einer Viti-PV Anlage ist Absatz 1 in Verbindung mit den Unterpunkten 1) und 2) sowie 8) und 9) von besonderem Interesse. Anschließend ein Auszug aus dem BauGB §35, Absatz 1, mit den für Viti-PV Anlagen relevanten Passagen:

§35 BauGB Absatz 1 – Privilegierte Vorhaben

„(1) Im Außenbereich ist ein Vorhaben nur zulässig, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen, die ausreichende Erschließung gesichert ist und wenn es

1. einem land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb dient und nur einen untergeordneten Teil der Betriebsfläche einnimmt,

2. einem Betrieb der gartenbaulichen Erzeugung dient,

(...)

8. der Nutzung solarer Strahlungsenergie dient

a) in, an und auf Dach- und Außenwandflächen von zulässigerweise genutzten Gebäuden, wenn die Anlage dem Gebäude baulich untergeordnet ist, oder

b) auf einer Fläche längs von

aa) Autobahnen oder

*bb) Schienenwegen des übergeordneten Netzes im Sinne des § 2b des Allgemeinen Eisenbahngesetzes mit mindestens zwei Hauptgleisen und in einer Entfernung zu diesen von bis zu **200 Metern**, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn, oder*

9. der Nutzung solarer Strahlungsenergie durch besondere Solaranlagen im Sinne des § 48 Absatz 1 Satz 1 Nummer 5 Buchstabe a, b oder c des Erneuerbare-Energien-Gesetzes dient, unter folgenden Voraussetzungen:

*a) das Vorhaben steht in einem **räumlich-funktionalen Zusammenhang** mit einem Betrieb nach Nummer 1 oder 2,*

*b) die Grundfläche der besonderen Solaranlage überschreitet nicht **25 000 Quadratmeter** und*

*c) es wird je Hofstelle oder Betriebsstandort **nur eine Anlage** betrieben.“*

[BauGB §35 Bauen im Außenbereich, hervorgehoben]

In §35.1 BauGB ist somit in Form einer abschließenden Liste mit 9 Punkten beschrieben, welche Anlagen privilegiert genehmigt werden können, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen und eine ausreichende Erschließung gesichert ist und deren Grundfläche höchstens 2,5 ha beträgt. Pro Betriebsstandort ist lediglich die Errichtung einer Anlage zulässig [BauGB §35 Bauen im Außenbereich].

Auch unter dieser Änderung ist eine Privilegierung der geplanten Viti-PV Anlage am geplanten Standort in Riegel leider nicht möglich. Der Anlagenstandort erfüllt auch nach der 2023 erfolgten Novellierung des §35.1 mit Ergänzung der Absätze 8) und 9) nicht die Anforderungen an eine Genehmigung für privilegierte Vorhaben im Sinne des § 35 Abs. 1 BauGB. Daher scheint nach derzeitigem Gesetzesstand langfristig die Erstellung eines Bebauungsplans notwendig. Dies ist jedoch aus unterschiedlichen Gründen keine echte Option. Die Durchführung eines Bauleitplanverfahrens in Verbindung mit der Änderung des Flächennutzungsplans wäre für das Projekt ein unverhältnismäßig großes, finanzielles und

zeitliches Risiko. Die Verfahren sind langwierig, bürokratisch und komplex. Viele Beteiligte sind eingebunden. Dauer, Ausgang und Ergebnis sind mit vielen Unsicherheiten verbunden. Ursachen hierfür sind oft Verfahrensunterbrechungen, politische Änderungen, umfassende Gutachten oder gerichtliche Auseinandersetzungen.

Beispiel zum B-Plan Verfahren mit Änderung des Flächennutzungsplans:

Universität Geisenheim – Aufstellung des Bebauungsplanes „PV-Versuchsanlage“

An der Hochschule Geisenheim in Hessen ist eine Agri-PV im Weinberg als Forschungsanlage für das zur Hochschule gehörende Institut für Allgemeinen und Ökologischen Weinbau errichtet worden. Hierfür wurde in einem öffentlichen Verfahren eine Änderung des Flächennutzungsplans und die parallele Erstellung eines Bebauungsplans für die anvisierten Flächen durchgeführt. Im Flächennutzungsplan ist die Fläche nun als „Fläche für Landwirtschaft Sondernutzung: Hochschule, Forschung und Lehre“ ausgezeichnet. Das Bauleitplanverfahren beinhaltete u.a. den Beschluss zur Aufstellung des B-Plans am 05.11.20, Beteiligung von Behörden sowie Naturschutzverbänden und Nachbargemeinden, und die Erstellung von entsprechenden Umweltgutachten. Nach Offenlage des Bebauungsplanentwurfes und Flächennutzungsplanänderungsentwurf inklusive umweltbezogener Informationen und umweltrelevanter Stellungnahmen ist der Bebauungsplan „PV-Versuchsanlagen“ im Herbst 2021 in Kraft getreten. Die Bauleitplanverfahren hat somit ca. ein Jahr gedauert. Alle entstandenen Kosten wurden und werden durch die Hochschule Geisenheim getragen [Geisenheim 2021].

Allgemeine Informationen zur Dauer eines Bebauungsplanverfahrens

Die Dauer von Bebauungsplanverfahren variiert stark je nach Komplexität des Verfahrens, dem Standort und etwaigen Einwänden. Die Bandbreite bewegt sich von wenigen Monaten bis zu mehreren Jahrzehnten. Schnelle, vereinfachte Verfahren dauern unter optimalen Bedingungen in der Regel etwa 1 bis 2 Jahre [KBB GmbH 2025]. In Deutschland dauert ein normales Bebauungsplanverfahren laut aktuellen Studien und Behördenangaben durchschnittlich zwischen 4 und 8 Jahre. In großen Städten wie Berlin liegt der Durchschnitt mit ca. 9 bis 10 Jahren noch höher [bulwiengesa 2024]. Ein Extrembeispiel ist der Bebauungsplan XVII-4 Ostkreuz im Berliner Bezirk Lichtenberg mit einer Verfahrensdauer von 27 Jahren [Abgeordnetenhaus Berlin 2021].

Daher war für die Anlage am Standort in Riegel eine individuelle, alternative Lösung zu entwickeln. Hierfür stand das Projektteam in enger Abstimmung mit verschiedenen Akteuren (Antragssteller, Gemeinde, Landratsamt...).

Öffentlich-rechtlicher Nutzungsvertrag

Eine Brückenlösung in Form eines temporär befristeten, *öffentlich-rechtlichen Nutzungsvertrags*, für die Dauer des Forschungsvorhabens, rückte in den Fokus. Naturschutz- und denkmalschutzrechtliche Belange mussten dennoch berücksichtigt werden und wurden im Rahmen der Untersuchungen zur Konzeptstudie abgeklärt. Zum Abschluss der Konzeptstudie im September 2025 ergibt sich folgender Sachstand:

Die Einrichtung einer experimentellen Viti-PV Pilotanlage wird durch das Landratsamt Emmendingen und die Gemeinde Riegel unterstützt. Für die Viti-PV Anlage wird im Hinblick auf die geringe Flächengröße und Unverhältnismäßigkeit der Änderung des Flächennutzungsplans in Kooperation zwischen dem Flächenbesitzer, Gemeinde Riegel und dem Landratsamt Emmendingen eine Betriebsgenehmi-

gung über einen öffentlich-rechtlichen Vertrag geprüft. Dieser kann für eine Nutzungsdauer von voraussichtlich 5 Jahren erstellt und auf Antrag verlängert werden. Voraussetzung sind die Nichtbedenklichkeit aus naturschutzrechtlicher- und denkmalschutzrechtlicher Perspektive. Die naturschutzrechtliche Unbedenklichkeit wurde durch eine Natura 2000 Vorprüfung bestätigt (siehe Kapitel 5.1.4). Durch einen öffentlich-rechtlichen Vertrag wäre ein Betrieb für die Projektlaufzeit im Rahmen des RegioWIN 2030 Projektes von 5 Jahren gesichert und eine Verlängerung auf 10 Jahre möglich. Die Laufzeiten von 5 bzw. 10 Jahren, die dem öffentlich-rechtlichen Vertrag zugrunde liegen, liefern einen wesentlichen Parameter als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsberechnung. In Abbildung 22 ist der Ablauf bis zur Baugenehmigung in Form eines öffentlich-rechtlichen Vertrages dargestellt.



Abbildung 22: Ablauf bis zur Baugenehmigung in Form eines öffentlich-rechtlichen Vertrages
[Quelle: Eigene Darstellung]

Neueste Erkenntnisse und Änderungen: Solarpaket I – Extravergütung für Agri-PV

Der Begriff Solarpaket I bezeichnet ein deutsches Gesetzespaket zur Förderung der Photovoltaik. Es umfasst eine Reihe von Gesetzesänderungen sowie ergänzende Regelungen mit dem Ziel, den Ausbau von Photovoltaikanlagen in Deutschland deutlich zu beschleunigen und zu vereinfachen. Das im Mai 2024 auf Bundesebene verabschiedete Solarpaket I legt einen besonderen Fokus auf die Förderung der Agri-Photovoltaik. Für Agri-PV Anlagen wurde ein eigenes Untersegment mit einem Höchstvergütungssatz von 9,5 ct/kWh eingeführt [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2024].

Zum Abschluss der Konzeptstudie (Stand: September 2025) lag jedoch noch keine beihilferechtliche Genehmigung der EU-Kommission für das Solarpaket I vor – eineinhalb Jahre nach Verabschiedung des Gesetzespakets. Davon betroffen ist insbesondere der erhöhte Vergütungssatz von 9,5 ct/kWh für Agri-Photovoltaikanlagen, der ebenfalls unter das europäische Beihilferecht fällt. In verschiedenen Fachportalen wird berichtet, dass bereits fertiggestellte Projekte noch nicht ans Netz angeschlossen wurden, da weiterhin das „grüne Licht“ aus Brüssel gewartet wird [Enkhardt 2025a].

Ein zentrales Hindernis für die beihilferechtliche Genehmigung des Solarpakets I, ist derzeit das Fehlen konkreter Regelungen zum sogenannten *Claw-Back-Mechanismus* in Deutschland. Dabei handelt es sich um Rückforderungsregelungen bei Übererlösen, wie sie von der EU-Kommission verlangt werden, um eine staatliche Überförderung zu vermeiden [Korb 2025]. Ein solcher Mechanismus soll sicherstellen, dass Betreiber:innen von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien (EE-Anlagen) keine übermäßigen Gewinne erzielen, wenn die Strompreise, wie etwa während der Energiekrise 2022, unerwartet stark ansteigen. Gerade bei Fördermodellen mit festen Vergütungssätzen kann es in solchen Situationen zu sogenannten *Windfall Profits* kommen – also zu nicht geplanten Mehreinnahmen, die letztlich zulasten des Staates gehen. Im Zuge der Genehmigung des EEG 2023 hatte sich Deutschland gegenüber der EU-Kommission bereits im Dezember 2022 verpflichtet, eine entsprechende Rückforderungsklausel einzuführen. Diese Verpflichtung ist in der KUEBLL-Verordnung verankert.

Hintergrund: Die Förderdauer im EEG beträgt in der Regel 20 Jahre. Ein Zeitraum, in dem wirtschaftliche Entwicklungen kaum verlässlich prognostiziert werden können. Um zu vermeiden, dass sich durch veränderte Marktbedingungen überhöhte Gewinne auf Staatskosten ergeben, sollen künftig Rückförderungsregelungen greifen: Wenn Betreiber mehr Einnahmen erzielen als ursprünglich kalkuliert, muss ein Teil der Überschüsse an den Staat abgeführt werden. Bislang hat Deutschland der EU-Kommission jedoch keine konkreten Umsetzungsmaßnahmen vorgelegt. Nach Einschätzung der EU kann das Solarpaket I ohne diesen zentralen Bestandteil nicht beihilferechtlich genehmigt werden [Kärtner 2025].

Fazit für Riegel

Aktuell fehlen leider die gesetzlichen Rahmenbedingungen zur einfachen und unkomplizierten Genehmigung und Förderung der Viti-PV Anlage in Riegel. Bis zu einer Anpassung der aktuellen Situation wäre nach aktueller Gesetzeslage für den Bau bzw. die Genehmigung einer Viti-PV Anlage in Riegel die Durchführung eines Bauleitplanverfahrens und parallel die Änderung des Flächennutzungsplans notwendig. Dies würde für das Projekt ein unverhältnismäßig großes Risiko darstellen. Daher wurde als individuelle Brückenlösung für den Standort Riegel die Ausnahmeregelung über die Genehmigung unter Zuhilfenahme eines öffentlich-rechtlichen Vertrags entwickelt.

5.3. AP3 – Bautechnik – Kriterien zur Anlagenauswahl und bautechnische Anlagenkomponenten

Für den Bau einer Agri-PV Anlage, deren Tragkonstruktion und Gründung, kommen unterschiedliche Systeme, Bauverfahren und Materialien in Frage. Die richtige Auswahl des Systems, der Baumaterialien, der Komponenten und Module haben einen wesentlichen Einfluss auf die wirtschaftliche und technische Machbarkeit, die baurechtliche Genehmigungsfähigkeit und die gesamtwirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Viti-PV Anlage. Auch ökologische Wirkungen und Folgewirkungen des Anlagenbaus und des zukünftigen Anlagenbetriebs sind von Beginn an in die Überlegungen sowie den Planungsprozesse einzubeziehen.

5.3.1 Kriterien aus bautechnischer Sicht zur Auswahl einer geeigneten Anlage

Im Rahmen der Entwicklung der Konzeptstudie für die Agri-PV Anlage in Riegel, wurden diverse Fragestellungen behandelt. Im Folgenden sind für den Auswahl- und Planungsprozess einige relevante Kriterien aus bautechnischer Sicht zusammengefasst. Die Auflistung eignet sich auch als Checkliste.

Kriterien: Lage, Gründung, Systemkomponenten und Baustoffe

- Geländeausrichtung (Sonneneinstrahlung und Tages-/Jahresgang, Verschattung)
- Gefälle, Ausrichtung und Neigung des Projektgeländes
- Bodenbeschaffenheit am Projektsandort (auch hinsichtlich der Gründung)
- Notwendigkeit der vollständigen Rückbaubarkeit der Anlage
- Lage (Standort) hinsichtlich äußerer Einflussfaktoren und Stakeholder (Stakeholderanalyse)
- Zugangs- und Erschließungssituation des Projektgeländes für Anlagenbau und Betrieb
- Infrastruktur für Bau- und Betriebsphase
- Potentielle Abnehmer/Verbraucher (Strom und Agrarprodukte)
- Mögliche Stromeinspeisepunkte in ein vorhandenes Netz

- Einflüsse aus angrenzender Nutzung, Vegetation, Schutzgebiete, Bebauung und Infrastruktur
- Art der Baustoffe und Bautechnik sowie (Aus-)Wirkung (Stabilität, Umwelt, Menschen)
- Baustoffe, Bautechnik und klimaschädlichen Aus- und Folgewirkungen
- Art und Typ der PV-Module sowie zugehöriger Elektrokomponenten, Wechselrichter, ...

Kriterien: Flächendoppelnutzung und Anforderung aus der Agrarnutzung in Sonderkulturen

Bezüglich der Flächendoppelnutzung sind Kriterien aus beiden Nutzungskomponenten (Agrarnutzung und Stromerzeugung) zu berücksichtigen. Möglicherweise wird eine der beiden Nutzungsoptionen stärker gewichtet. Insbesondere bei Sonderkulturen sind die Anforderungen aus der Agrarnutzung oft prioritär. Im Weinbau sind dies insbesondere Lichtverhältnisse, Wasserbedarf, Anforderungen aus dem Pflanzenschutz und Mikroklima sowie aus der Bewirtschaftung, Pflege und Ernte.

- Zusatzerfordernisse an Gründung und Tragsystem (Statik, Lastabtragung, Fundament) bei für Sonderkulturen notwendigen, hoch aufgeständerten Systemen
- Aspekte aus der Bewirtschaftung von Sonderkulturen (u.a. Arbeitsprozesse, Ernte, Maschineneinsatz). Insbesondere als Auswirkung auf das Tragsystem (Höhe, Breite, Pfostenabstand)
- Hindernisse beim Anlagenbau hinsichtlich der Lage der Projektflächen im agrarwirtschaftlich genutzten Raum/Weinberg (z.B. sensibler Außenbereich oder Steillage)
- Besondere oder geschützte Geländeformation innerhalb oder in der Nähe sensibler Bereiche (Natur, Mensch, Kultur, Ökosysteme, ...)
- Besondere Anforderungen bei Anlagenbau im bepflanzt Zustand (Bauen im Bestand)
- Schutzfunktion der Agri-PV Anlage (Sonnenschutz, Frostschutz, Hagelschutz, Pilzbefall, ...)

Kriterien: (Lokale) Stakeholder, Akzeptanz baulicher Anlagen in sensibler Lage

Schlussendlich braucht es zum Gelingen auch die notwendige Akzeptanz relevanter Stakeholder (siehe Kapitel 5.8). Für die erfolgreiche Umsetzung und den Betrieb einer Agri-PV Anlage muss die notwendige Akzeptanz vor allem in der lokalen Öffentlichkeit vorhanden sein. Die richtige Wahl der Projektfläche (Einbindung ins Landschaftsbild) und des Anlagentyps (optische Einwirkung) sind von zentraler Bedeutung. Durch die Auswahl des richtigen Anlagentyps und Bauverfahrens kann hierauf positiv Einfluss genommen werden.

- Angst vor Veränderung wie vor unbekanntem, innovativen Technologien und Systemen
- Spezielle Abneigung oder besonderes Interesse lokaler Stakeholder an spezifischen Bau- und Anlagensystemen oder Bautechniken
- Bauliche Gestaltung des äußeren Erscheinungsbildes einer im Gelände (mehr oder weniger) sichtbaren, baulichen Anlage

Kriterien: Anlagenbetrieb

Abschließend muss bereits während der Planung die Betriebsphase der Anlage mitgedacht werden:

- Wartung und Reinigung der Anlage und der Module und deren Komponenten
- Zugänglichkeit der Anlage – Öffentlichkeitsarbeit und Vandalismusschutz (Umzäunung)
- Versicherungen – Kostenbeeinflussung der Beiträge durch Wahl der Fläche oder Komponenten und Schutzeinrichtungen (Zaun)
- (bauliche) Auflagen zum Versicherungsschutz

- Schutz relevanter Systemkomponenten gegen Diebstahl (Zaun. Höhe, Abschreckung, Videoüberwachung)

Die Abwägungsprozesse und die richtige Auswahl baulich aufeinander abgestimmter Systemkomponenten kann sehr komplex und aufwendig sein. Diese Aufgabe ist als zentraler Bestandteil der Projektentwicklung und Projektplanung essentiell und richtungsweisend für den Projekterfolg. Im späteren Projektverlauf können anfangs festgelegten, bauliche Rahmenbedingungen nur bedingt adaptiert oder oft nur mit negativen Auswirkungen revidiert werden.

5.3.2 Bautechnische Komponenten der Agri-PV Anlage

Aus bautechnischer Sicht sind bei der Konzeptentwicklung eine Agri-PV Anlage drei Hauptkomponenten zu betrachten.

- (A) Gründung und Verankerung
- (B) Tragwerk und Tragsystem – Aufgeständerte Anlagen
- (C) Elektronische Modul-Nachführung (Tracking)

(A) Gründung und Verankerung

Für PV-Dach und bodennahe Freiflächenanlagen gibt es unterschiedliche mittlerweile auch bewährte Gründungssysteme.

Klassische Betonfundamente

Bei einfachen Freiflächenanlagen erfolgt eine Verankerung in der Regel direkt im Erdreich. Es können kleine Punkt- oder Streifenfundamente aus Beton zum Einsatz kommen. Die Lasten werden so gleichmäßig in den Boden abgeleitet. Diese Methode bietet eine hohe Stabilität, ist jedoch mit höherem Materialeinsatz und einer stärkeren Bodenversiegelung verbunden. Bei großen Trackeranlagen und Solarmodultischen oder ungünstigen Untergrundbedingungen müssen vereinzelt auch tiefgründige, massive Betonfundamente verwendet werden.



Abbildung 23: Streifenfundamente

[Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) 2013]

Nicht frostfreie Streifenfundamente oder Fertigteilfundamente stellen im Bereich der klassischen Betonfundamente in Bezug auf den Erhalt der Deckschichten die Gründungsoption mit der geringsten Eingriffstiefe dar (siehe Abb. 23). Vorteil von Fertigteilfundamenten alternativ zu tiefgründigen Ortbetonfundamenten ist die Vorfertigung im Werk. Auf massiven Aushub kann verzichtet werden. Allerdings können weniger Lasten in den Boden eingebracht werden.

Ramm-, Rüttel- oder Schraubgründungen

Die Gründung mit Beton (Ortbeton oder Fertigteile) eignet sich oft nicht für bewirtschaftete Agrarflächen, da u.a. durch den Bodenabtrag die intensiv belebten Bodenzone geschwächt wird. Die Abbau-, Rückhalte- und Filterfunktionen des Bodens ist beeinträchtigt. Die Rückbaubarkeit kann vor allem bei Einsatz von Ortbeton schwierig und aufwendig werden.

In der Praxis werden bei Agri-PV Anlagen häufig alternative Fundamentlösungen bevorzugt, die den landwirtschaftlichen Boden weniger beeinträchtigen. Hierzu zählen insbesondere Schraub- Ramm und Rüttelfundamente. Insbesondere eingeschraubte Lösungen ermöglichen eine schnelle und umweltschonende Installation ohne Betoneinsatz (siehe Abb. 24). Zudem können sie bei Bedarf rückstandslos entfernt werden, was sie besonders für temporäre oder flexible Anwendungen geeignet macht.



Abbildung 24: Erdschraubanker z.B. Krinner, BTEC bis 1,6 m Tiefe

[Quelle: DUEHRSEN GmbH 2022]

Zur Gründung nachgeführter Systeme können auch eingerüttelte Stahlrohre (bis 3,8 m Rütteltiefe) verwendet werden (siehe Abb. 25). Eingerammte Stahlprofile (Einrammtiefe je nach Boden 1,4 – 1,9 m) sind ebenfalls zur Gründung in tieferen Bodenschichten als Alternative zu Betonfundamenten bewährt [Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) 2013].



Abbildung 25: Stahlrammprofile und eingerüttelte Stahlrohre

[Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) 2013]

Herausforderung bei hoch aufgeständerten Anlagen – Alternativen zum Betonfundament

Agri-PV Anlagen haben aufgrund der Zusatzanforderungen aus der Agrarnutzung unterhalb der Anlage in der Regel einen deutlich größeren Abstand zum Boden und werden relativ hoch aufgeständert. Um der daraus resultierenden, größeren Beanspruchung Rechnung zu tragen, muss das Tragsystem entsprechend massiver konstruiert und somit aufwendiger verankert werden. Dies wirkt sich auf Gründungstiefen und Methoden aus. Zur Herstellung großer, tiefgründiger Betonfundamente muss großes, schweres Gerät zum Einsatz kommen. Dies kann sich ungünstig auf das Bodengefüge (Verdichtung) auswirken. Außerdem wird aufgrund der hohen Anforderungen an Tragwerk und Gründung deutlich mehr Baumaterial (klimaschädlicher Fundamentbeton und Konstruktionsmaterial, i.d.R. Baustahl) benötigt. Auch aus technischer Sicht kann die Baustellenandienung und der Material- und Gerätetransport von schweren Bau- und Systemkomponenten sehr schwierig sein, insbesondere in speziellen Lagen wie beispielsweise in einer steilen oder sensiblen Weinberglage.

Die Gründung und Verankerung hochaufgeständerter Anlagen ist aufwendiger und stellt die Planer vor besondere Anforderungen. Oft scheiden bei hoch aufgeständerten Anlagen bewährte Standard-Gründungsmethoden (Flach- oder Tiefgründungen mit Betonfundamenten) aus. Auch der generelle Wunsch oder eine verpflichtende Auflage zum rückstandsfreien Rückbau der Anlage kann den Verzicht auf tiefgründige, massiven Betonfundamenten erforderlich machen. Speziellen Anforderungen sowohl aus rechtlicher, technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht führen dazu, dass alternative Lösungen bei Tragkonstruktion und insbesondere auch beim Gründungsverfahren zum Einsatz kommen müssen. Für innovative PV Anlagensysteme im Ackerbau insbesondere auch in Sonderkulturen wie im Weinbau bedarf es daher anderer Ansätze. Es entstehen neue und innovative Gründungstechniken. Diese bauen oft als Weiterentwicklung auf bereits bekannten Methoden auf.

Spinnanker – Weiterentwicklung des Schraubverfahren

Eine alternative Methode zur Gründung ist die Weiterentwicklungen des Schraubverfahrens. Ein neues, innovatives Schraubverfahren welches vom Fraunhofer ISE bereits in der Praxisanwendung in Verbindung mit Agri-PV Anlagen getestet wurde ist die Nutzung sogenannter Spinnanker (siehe Abb. 26). Diese halten hohe Zug- und Druckkräfte aus.



Abbildung 26: Spinnanker

[Quelle: Wolf Systembau Gesellschaft m.b.H 2025]

Der Spinnanker wird in den Boden „eingespinnnt“ – also durch Rotation (ähnlich wie bei einer Holzschraube) in den Boden eingedreht. Der Spinnanker bietet eine stabile, reversible und bodenschonende Alternative zu klassischen Fundamenten. Es ist kein Betoneinsatz notwendig. Ein rückstandsloser Rückbau der Gründung wird ermöglicht. Ein weiterer ökologischer und ökonomischer Vorteil: Die Anker können insbesondere bei temporären Anlagen nach dem Rückbau für neue Projekte erneut eingesetzt werden [Fraunhofer ISE 2020a].

(B) Tragwerk und Tragsystem – Aufgeständerte Anlagen

Zur Realisierung von Agri-PV Anlagen bedarf es auch beim Tragsystem Weiterentwicklungen. Die Art der Herstellung der Aufständigung und der Montage der Module muss der Nutzung und Bewirtschaftung der Agrarfläche Rechnung tragen. Es werden stabile Konstruktionen benötigt, an denen die PV-Module über der Projektfläche verankert werden können. Die Module müssen möglichst gleichmäßig auf der Projektfläche verteilt werden. Die landwirtschaftlich nutzbare Fläche muss bewirtschaftet und meist auch mit teilweise großen Geräten und Maschinen zur Bewirtschaftung befahrbar sein. Der Abstand zwischen den einzelnen Pfosten der Tragkonstruktion relativ zur Bearbeitungsrichtung muss ausreichend gewählt werden und eine Landnutzungsform und Pflanzenproduktion zu ermöglichen [DIN SPEC 91434:2021-05].

Um die Doppelnutzung der landwirtschaftlichen Fläche für Ackerbau und Stromerzeugung zu ermöglichen, werden die Solarmodule je nach Anwendung in drei bis fünf (im Hopfenbau auch über sieben) Metern Höhe über dem Feld installiert (siehe Abb. 27). Das ermöglicht auch großen landwirtschaftlichen Maschinen die Fläche unter der Agri-PV Anlage zu befahren.



Abbildung 27: Beispiel Heggelbach

[Quelle: Hofgemeinschaft Heggelbach eGbR/Heggelbach Süd EGbR 2025]

Damit Pflanzen in der Anlage ausreichend Licht und Niederschlag bekommen, werden die Reihenabstände zwischen den Modulen im Vergleich zu gewöhnlichen Freiflächenanlagen vergrößert. Das reduziert zwar den Flächendeckungsgrad. In Kombination mit der hohen Aufständigung sichert dieses Vorgehen aber eine homogene Lichtverteilung und in Folge gleichmäßiges Pflanzenwachstum.

(C) Elektronische Modul-Nachführung (Tracking)

Unter Kapitel 5.5 „Optimierungspotenzial durch elektronische Steuerung / Nachführung“ finden sich weitere Ausführungen zum Tracking. Daher wird hier nur kurz auf das Thema eingegangen.

Bei Standard PV-Dach- und Freiflächenanlagen sind die PV-Module fest verankert und starr mit der Tragkonstruktion verbunden. Für spezielle Anforderungen gibt es jedoch auch die Möglichkeit Systemkomponenten zu ergänzen, um die Module beweglich zu lagern. Dadurch können PV-Module kipp- und schwenkbar gemacht werden. Diese Technik wird auch als „Tracking“ bezeichnet.

Trackingsystemen können unterschiedliche Zielsetzungen verfolgen. So lässt sich beispielsweise der Energieertrag durch Nachführen der Module dem Sonnenverlauf folgend steigern. Auch die zeitliche Steuerung und Anpassung der Energieausbeute ist möglich, um beispielsweise ein gleichmäßigeres Energie-Ertragsprofil sicherzustellen. Die Lichtverhältnisse und Verschattungssituation unter der Anlage lassen sich zugunsten der Agrarproduktion optimieren.

Den Vorteilen gegenüber steht ein größerer Planungs- und Genehmigungsaufwand bei Trackeranlagen entgegen sowie höhere Investitionskosten und mehr Komplexität. Im Anlagenbetrieb kann größerer Wartungs- und Reparaturaufwand entstehen. Weitere Punkte wie Sturmanfälligkeit und zusätzlicher Platzbedarf für die Anlagenkomponenten und Schwenkraum können sich ebenfalls negativ auswirken. Trackingsysteme sind noch nicht etabliert. Höhere Kosten und technischer Mehraufwand müssen sorgfältig betrachtet und bewertet werden und lohnen sich meist nur bei größeren oder innovativen Projekten oder in Kombination mit Forschungs- und Förderprogrammen. Das Thema Tracking wird daher an dieser Stelle in der Konzeptstudie nicht weiter ausgeführt.

5.3.3 Viti-PV Anlage Riegel – Ziele und Planungsstand

Für alle drei Rebflächen liegt mit Abschluss der Konzeptstudie ein Viti-PV Anlagenkonzept im Entwurfsstadium vor. Der vorliegende Konzeptaufbau der Viti-PV Pilotanlage sieht zur Behandlung unterschiedlicher Fragestellungen unterschiedliche Tragkonstruktionen auf den Projektflächen vor. Das Gründungsverfahren der Gesamtanlage soll aufgrund gleicher Bodenbeschaffenheit überall identisch sein.

Das für die Projektflächen entwickelte Viti-PV Anlagenkonzept in Stahlbauweise wurde vom Projektteam zusammen mit Unterstützung eines Ingenieurbüros erarbeitet. Für Anlagenaufbauten in Stahlbauweise gibt es auf Basis etablierter Freiflächenanlagen und erster Agri-PV Anlagen bereits einige teilerprobte und auf eine Viti-PV Anlage übertragbare Prototypen. Für den Versuchsstandort in Riegel wurde für die Flächen 1 und 2 + 3 die unten dargestellten Anlagenaufbauten entwickelt (siehe Abb. 28). So können auf den Flächen 1, 2 und 3 nach aktueller Entwurfsplanung insgesamt 382 Module mit einer Gesamtleistung von ca. 76 kWp angeordnet werden.

Versuchskonzeption der Viti-PV Anlage für die Fläche 2 + 3

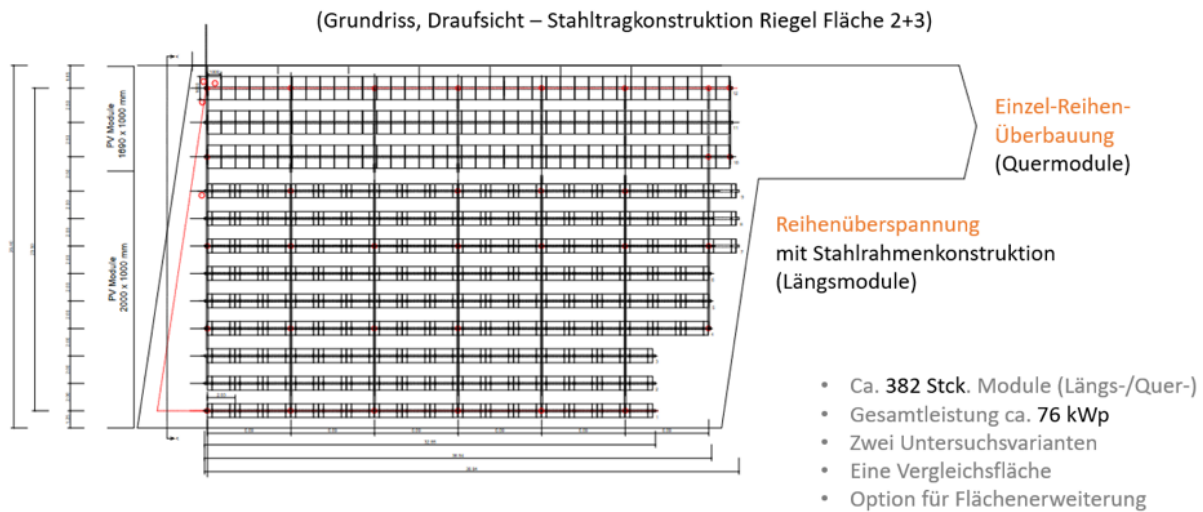


Abbildung 28: Draufsicht auf die Konstruktion der Flächen 2 + 3

[Quelle: INTECH GmbH & Co. KG 2021]

Die Fläche ist in zwei Bereiche aufgeteilt. Die ersten drei Reihen der Fläche 2 sind mit einer Einzelreihenkonstruktion überbaut. Die angrenzenden 9 Reihen sind mit einer Reihenüberspannten Konstruktion überbaut.

Die PV-Module werden starr mit der Unterkonstruktion verschraubt und sind in Südrichtung ausgerichtet. Um den Unterschied verschiedener Modulanordnungen untersuchen zu können, werden die Module in den drei Einzelreihen als Quermodule angeordnet. Im Bereich der Reihenüberspannten Anlagenkonzeption sind die Module längs angeordnet (siehe Abb. 29).

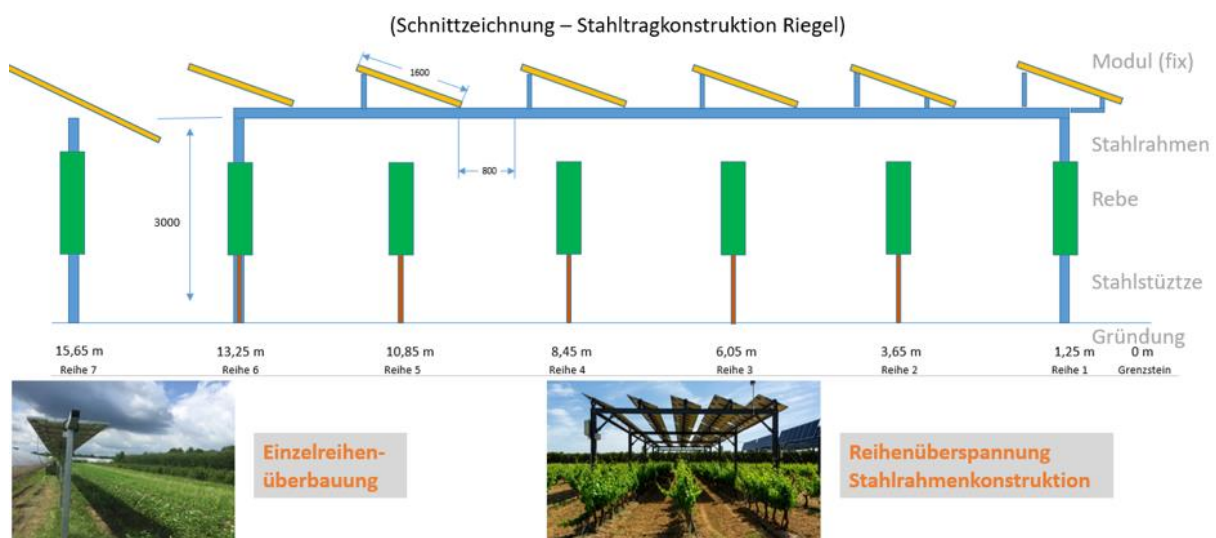


Abbildung 29: Schnittzeichnung Reihenüberspannte Konstruktion der Flächen 2 + 3

[Quelle: INTECH GmbH & Co. KG 2021]

Versuchskonzeption der Viti-PV Anlage für die Fläche 1

Bei der Fläche 1 gestaltet sich die Ausgangssituation anders als bei Fläche 2 + 3, da die Fläche 1 bereits 2020 mit einem Jungbestand mit Weißburgunder neu angelegt wurde. Die Pflanzen müssen auch während der Bauphase erhalten bleiben. Aufgrund der Vorerfahrungen bei der Errichtung der Viti-PV Anlage am Blankenhornsberg in einer Bestandsanlage ist eine Errichtung einer Tragwerkskonstruktion in der jetzt 5-jährigen Anlage möglich. Die Anlage ist mit konventionellen Spätburgunder Reben bepflanzt.

5.3.4 EXKURS: Holz- und Kammertbau

Im Rahmen der Konzeptstudie wurde die Option des Entwurfs einer Tragkonstruktion aus Holz in Erwägung gezogen. Die Idee Holz als Baustoff zur Anwendung zu bringen war hinsichtlich den Punkten Akzeptanz und Klimaschutz eine naheliegende Überlegung. Auch rein optisch und thematisch würde sich eine „leichte“ Holzkonstruktion gut ins Landschaftsbild einfügen und möglicherweise so bei der Bevölkerung im Vergleich zu einer Stahlkonstruktion zu einer größeren Akzeptanz führen. Schnell war der Bezug zum traditionell im Weinbau bekannten Kammerbauverfahren hergestellt.

Die Idee zur Ausführung in Holzbauweise stieß allseits auf große Zustimmung, warf aber unmittelbar zu den bereits umfangreichen und komplexen Fragestellungen neue zusätzliche Fragen auf. Nachfolgend ein Exkurs ins Thema Kammertbau.

Kammertbau als traditionelle Reberziehungsart

Nachfolgenden Ausführungen sind dem Artikel von Martin Scharff „Kammertbau – Zur Geschichte einer Reberziehung unter besonderer Berücksichtigung der Pfalz“ entnommen:

„Beim Kammertbau handelt es sich um eine traditionsreiche Reberziehungsart. Diese Anbauweise, eine spezielle Form der Laubenerziehung, ist nachweislich in der Pfalz schon im Frühmittelalter in Gebrauch und reicht möglicherweise sogar bis in die Spätantike zurück. Charakteristisch dafür sind rahmenförmige Gestelle aus Holz, verbundene Joche in Viereckform. In der Vorderpfalz, als letztem Rückzuggebiet, hat sich der Kammertbau vereinzelt noch bis fast in die Mitte unseres Jahrhunderts als eines der örtlich praktizierten Reberziehungssysteme erhalten.“

Unter dem Kammertbau verstehen wir eine niedere Laubenerziehungsart, die in zwei Erscheinungsformen auftrat: einer einfacheren Form mit Längs- und Querbalken und einer komplizierten unter der zusätzlichen Verwendung von sogenannten Trudalbalken, zusätzlichen Längsbalken.

In der Mitte des 19. Jahrhunderts lässt sich ein Zurückweichen des Kammertbaus auf ein kleineres Areal an der Oberhaardt erkennen. Die Gründe für die Regression sind vielseitig und unter anderem im Aufkommen neuer Arbeitstechniken (Einsatz von Pflügen) und neuer Materialien zu suchen. Die traditionellen Unterstützungsrichtungen aus Holz machen dem billigeren Draht Platz.

Durch die wichtigsten römischen Agrarschriftsteller – Cato (2. Jh. v. Chr.), Varro (1. Jh. v. Chr.), Columella (1. Jh. n. Chr.), Plinius Secundus (1. Jh. n. Chr.) und Palladius (ca. 5. Jh. n. Chr.) – haben wir Kenntnis von den Grundtypen der antiken Reberzie-

hungsarten, die bis in unser Jahrhundert und teilweise bis in die Gegenwart in nahezu ursprünglicher Form in Gebrauch blieben. Die bei diesen Autoren genannten Reberziehungsarten lassen sich in sechs Grundtypen einteilen. Diese Typen sind zwei übergeordneten Anbauformen zuzuordnen, den vineae (,Weinberge ; Weingärten') und den arbusta (,Baumweingärten').

Die interessanteste und zum Kammertbau hinführende Art der vineae ist die Laubenerziehung. Sie stellt die komplizierteste Form der Reberziehungsarten mit Stützen dar und unterscheidet sich von den vineae uniugatae durch das Vorhandensein von Längs- und Querbalken. Zu ihr zählen die Weidächer (compluvia von compluvium – ,viereckiger Raum'), die Pergeln (pergulae), die Kammern (camerae) und die Lauben (trichilae). Bei den Kammern, einer Jocheziehung in quadratischer Form, dürfte es sich um eine dem Kammertbau besonders nah verwandte Form römischer Laubenerziehung gehandelt haben. Die sich ausbreitenden Triebe bilden eine Art Gewölbe (camera) und können so dem Boden Schatten spenden, was sie für heiße Gegenden als besonders geeignet erscheinen ließ. Für die Pfalz hingegen fasst Schumann zusammen: „Der Offene Kammertbau war in Trockengebieten mit schwachwüchsigen Rebsorten verbreitet, während der Geschlossene Kammertbau auf wüchsigen Böden mit höheren Niederschlägen üblich war.

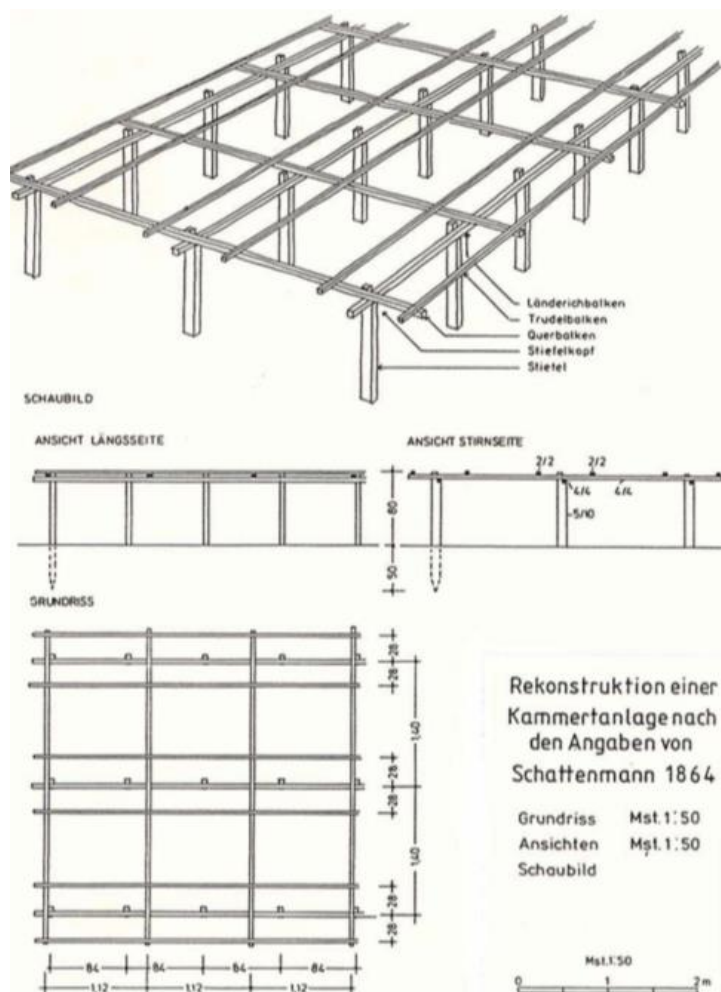


Abbildung 30: Rekonstruktion einer Kammertanlage

[Quelle: Scharff 2009]

Aus der geschlossenen Erziehung wird die offene, der ursprüngliche Charakter geht verloren. An die Stelle der Pfosten treten Steine. Diese Entwicklung ist kontinuierlich

und irreversibel, aber keineswegs einheitlich. Vereinzelt sind noch alte Anbauformen bis in die sechziger Jahre unseres Jahrhunderts zu finden. Als Reberziehungsart römischen Ursprungs war der Kammertbau, außer in der Pfalz, wohl auch im Elsaß, am Neckar und an der Bergstraße heimisch. Flurnamenbelege verweisen weiterhin auf Breisgau, Mosel und Mittelrhein.“

[Scharff 2009].

Ursprünglich bestand beim Projektteam die Idee auf den Erkenntnissen aus dem Artikel zum Kammertbau neue Ansätze zur Entwicklung eines Tragsystems und einer Unterkonstruktion aus Holz zu entwickeln. Aufgrund fehlender Kapazitäten und Ressourcen wurden die Bemühungen hierzu wieder eingestellt. Dazu weitere Überlegungen anzustellen war reizvoll, hätte jedoch den Rahmen der Konzeptstudie gesprengt. Ansatzweise wurde das Thema aber in nachfolgendem Abschnitt durch die Integration der Ergebnisse aus der Bachelorarbeit von Pascal Himmelsbach „Entwicklung und Bemessung einer Tragkonstruktion aus Robinienholz für eine Photovoltaik-Pilotanlage im Weinberg“ abgedeckt:

Um Ästhetik und Nachhaltigkeit einer Holztragkonstruktion im Rahmen der Flächendoppelnutzung über Agri-PV mit der Energiewende zu verknüpfen, wurde die Ausführung einer Tragkonstruktion in Holzbauweise auch mit dem Bezug zum Kammertbau ansatzweise untersucht. Kammertbau-Konstruktionen sind nicht nur im Weinbau bekannt. Auch an der Amalfiküste an der Westküste Italiens werden Zitronen unter einer vergleichbar ähnlichen Konstruktion angebaut. Dazu werden ganze Hänge mit Holzkonstruktionen überbaut an denen Zitronenbäume entlang wachsen. Die Viti-PV hätte mit Tragkonstruktionen in Holzbauweise das Potenzial eine traditionelle Reberziehungsart gepaart mit innovativer Technik im Zuge der Umsetzung der Energiewende wiederzubeleben. Aufgrund der besonderen Eigenschaften von Robinienholz und dem lokalen und traditionellen Bezug zum Weinbau wurden die Überlegungen im Rahmen der begleitenden Bachelorarbeit im Wesentlichen auf diese Holzart beschränkt [Himmelsbach 2021].

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden auch erste Überlegungen und Berechnungen zum Aufbau einer Tragkonstruktion aus Robinienholz für die Viti-PV Anlage in Riegel angestellt. Es fand im Vorfeld der Bachelorarbeit ein gemeinsamer Ortstermin mit Hr. Himmelsbach statt, bei dem das Projektgelände in Riegel begangen und aufgenommen wurde. Erste Ideen zur Konzeption eines Tragwerks aus Holz wurden ausgetauscht und sind in die Bachelorarbeit eingeflossen. Die Überlegungen und Ergebnisse aus den Berechnungen der Bachelorarbeit konnten aber aus oben genannten Gründen nicht weiter vertieft und verfolgt werden.

Nachfolgende Ausführungen zur Robine als Konstruktionsholz sind der Bachelorarbeit von Pascal Himmelsbach entnommen und wurden in Rücksprache mit Hr. Himmelsbach in die Konzeptstudie integriert:

Aus Kapitel 1 – Einleitung (S.11) der Bachelorarbeit von Hr. Himmelsbach:

Die Robinie als Konstruktions-Rundholz

Der rechnerische Reinbestand an Holzboden in der Bundesrepublik Deutschland beträgt ca. 11 Mio. Hektar. Etwa die Hälfte davon sind Laubbäume. Ein kleiner Teil des gesamten Reinbestandes mit rund 7% entspricht dem, zu dem auch die Robinie zählt. Diesen geringen Anteil teilt die Robinie mit verwandten Arten, wie unter anderen dem Ahorn oder der Linde.

Ursprünglich entstammt die Robinie dem östlichen Teil der Vereinigten Staaten Amerikas, aus den Wäldern zwischen den Appalachen und dem Mississippi. Robinienholz findet Verwendung bei Konstruktionen die Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Hierbei ist es sehr widerstandsfähig und dauerhaft. Nach Norm (DIN EN 350:2016-12, Tabelle B.2) wird der Robinie eine Dauerhaftigkeit gegen Pilze von sehr dauerhaft, bis dauerhaft zugeschrieben [Himmelsbach 2021].

Aus Kapitel 2.2 – Holzwerkstoff Robinie (S.16) der Bachelorarbeit von Hr. Himmelsbach:

In Südosteuropa hat sich die Robinie etabliert und nimmt mit einer Waldfläche von 200.000ha dort etwa 17% der Fläche ein. Der Baum in seiner natürlichen Form neigt zu einer Krumschäftigkeit, einem Zwieselwuchs und zu einer gewissen Unrundheit. Die Krumschäftigkeit kann von vielen Faktoren beeinflusst werden. Mit geeigneter Pflege ist durchaus ein gradwüchsiger Stamm möglich. Ebenfalls ist die Robinie durch ihr starkes Wachstum in den ersten 30 Jahren bekannt. Ab einem Alter von 50 Jahren ist darauf zu achten, dass am Stamm keine Fäulnis auftritt, die ihm schaden kann. Die ältesten Stämme erreichen ein Alter von über 200 Jahren.

Für die Verwendung im Erd- oder Wasserbau, dazu zählen Brücken, Gruben oder auch Schwellenhölzer für Eisenbahnschienen, ist die Robinie zu empfehlen. Dabei kommen ihr nicht nur ihre Eigenschaften der Dauerhaftigkeit zugute. Die Robinie zeichnet sich ebenso durch ihr hohes Durchbiegungsvermögen und einer hohen Belastbarkeit aus. Aus diesen Gründen fand diese Holzart schon früh Anwendung beim Bau von Wagenrädern, im Schiffsbau, u.Ä.

Bekannt ist die Robinie ebenfalls, durch den Einsatz auf Spielplätzen zur Konstruktion von Spielanlagen. Diese Anlagen sind der Witterung frei ausgesetzt und müssen einer hohen Belastbarkeit standhalten. Ein Holzschutz durch Lasuren ist notwendig, wenn die Farbe des Holzes einen wichtigen Einfluss in der Ästhetik der Konstruktion beibehalten soll [Himmelsbach 2021].

Aus Kapitel 4.1.1 – Verbindungen zwischen Robinienbauteilen, (S.39) der Bachelorarbeit von Hr. Himmelsbach:

Verbindungen zwischen Robinienbauteilen - Holznägel und Dübel

Natürliches Rundholz hat gegenüber den bekannten, geschnittenen Hölzern den Vorteil einer höheren Festigkeit. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Schnitte durch Fasern und Äste die Festigkeit verringern. Die Norm gibt keine Angaben zu Materialeigenschaften von Rundholz. Einen besonderen Einfluss haben sowohl die geringe Kontaktfläche zwischen den runden Hölzern, als auch das unterschiedliche Schwindmaß in radialer und tangentialer Richtung der Robinie. Um mögliches Reißen vorzubeugen ist eine Schnürung aus Seil, Draht u.a. empfohlen.

Eine alte Tradition ist es, Holznägel zur Lagesicherung zu verwenden. Die Untersuchung einer Ausgrabung eines Brunnens nahe Leipzig hat gezeigt, dass diese Möglichkeit schon im Jahre 5102 v. Chr. genutzt wurde. Heutzutage kommen Holznägel zur Erhaltung von Fachwerken zum Einsatz. Neben den statischen Eigenschaften haben die Nägel eine „Schmuckfunktion“ [Himmelsbach 2021].

Aus Kapitel - 4.1.2 innenliegendes Stahlblech, (S.41) der Bachelorarbeit von Hr. Himmelsbach:

Mit Hilfe einer ein-, zwei- oder mehrschnittigen innenliegenden Stahlblechverbindung lassen sich zwei Holzstämme ebenfalls verbinden. Dazu ist eine verzinkte oder rostfreie Stahlplatte in beide Enden einzubringen und durch Bolzen oder Schrauben zu sichern. Um weiteres Reißen des Holzes zu minimieren können auch hier ebenfalls eine oder mehrere Schnürrungen, unmittelbar auf der Länge der eingebrachten Stahlplatte, angebracht werden.

Eine mehrschnittige Verbindung durch ein innenliegendes Stahlblech hat den Nachteil, dass die Bohrungen der Verbindungsmittel beim Einbau sehr präzise über den Löchern des Bleches sitzen müssen. Vorteil ist hierbei der optische Aspekt, da ein innenliegendes Blech für den Betrachter von weitem kaum sichtbar ist. Es dient der Lagesicherung und schafft die Möglichkeit die entstehenden Zugkräfte entlang der Stammachse bis zur Aussteifung weiterzuleiten.

Eine Verbindung durch außenliegende ebene Bleche mit Schrauben bedarf einer Bearbeitung am seitlichen Stirnende. In der Din EN 1995-1-1:2010-12 stehen unter Kapitel 8.2.3 die charakteristischen Werte der Tragfestigkeit. Diese beziehen sich auf einen rechteckigen Querschnitt des innenliegenden Holzes, sowie auf die Festigkeiten der Laub- und Nadelhölzer nach DIN EN 338 [Himmelsbach 2021].

Aus Kapitel - 4.2 Übergang zwischen Robinie und Modulrahmen, (S.49) der Bachelorarbeit von Hr. Himmelsbach:

Der Übergang zwischen Robinie und Modulrahmen

Dieser Übergang kann durch eine Rahmen- und Schienenkonstruktion umgesetzt werden. Durch die Verwendung von Stockschrauben an der Hauptschiene ist sowohl der Kraftfluss gegeben. Ebenfalls gleichen diese Schrauben die Exzentrizität und wuchsbedingte Unförmigkeit der Robinie aus. Alternativ sind auch andere Abstandhalter möglich. Auf die einwirkenden Kräfte ist zu achten [Himmelsbach 2021].

Aus Kapitel - 5.2 Besondere Anforderungen an das Holz, (S.51) der Bachelorarbeit von Hr. Himmelsbach

Auswirkung von Feuchtigkeit auf die Konstruktion

Das Holz ist verschiedenen Arten von Wasser und Feuchtigkeit ausgesetzt. Direkt auf das Bauwerk treffen dabei Niederschlagswasser, Oberflächenwasser und Tauwasser. Tauwasser ist vor allem in den Wintermonaten zu beobachten, wenn sich die Luft über den Taupunkt hinweg abkühlt. Es bildet sich dabei eine Oberflächenkondensation am Boden und an der Konstruktion. In Bodennähe ist mit Sickerwasser oder Bodenfeuchte zu rechnen.

Versuche haben gezeigt, dass Robinienkernholz genau wie Eichenkernholz gegen Basidiomyceten sehr dauerhaft ist. Basidiomyceten sind holzabbauende Pilze aus der Abteilung der Ständerpilze. Bei Kontakt mit Erde wird die Dauerhaftigkeit als mäßig eingestuft. Auffällig ist die Auswirkung auf die Dauerhaftigkeit durch die Herkunft des Robinienholzes. So schneidet das Holz aus Deutschland besser ab, als das Holz aus Rumänien. Der Unterschied wird durch das ältere Holz aus Deutschland, trotz gleichem Kernholzanteil erklärt. Geschält und trotz Kontakt zum Boden soll der Robinienstamm Jahrzehnte seine Dauerhaftigkeit beibehalten.

Für den Einsatz in den Reben sollte beachtet werden, dass die Robinie zu den gerbsäurehaltigen Hölzern gehört. Während Regenphasen tritt über die Stirnflächen des Holzes die säurehaltige Holzlohe aus. Eine Auswirkung auf die Reben durch die Säure ist bisher nicht bekannt [Himmelsbach 2021].

Aus Kapitel - 6.1 Rissbildung, Bewegung und Verwindungen, (S.53) der Bachelorarbeit von Hr. Himmelsbach

Rissbildung, Bewegung und Verwindungen

Die Ursachen für die Rissbildungen liegen primär in der Art der Trocknung. Die Stämme verlieren beim Trocknen von außen nach innen zunehmend an Feuchtigkeit. Durch den Unterschied zwischen den trockenen und den noch feuchten Schichten entstehen zunehmende Spannungen. Der kritische Punkt liegt dabei in der Quersugfestigkeit des Holzes.

Faktoren, die die Rissbildung bestärkend, liegen ebenfalls in der Art der Trocknung. Die Geschwindigkeit des Trocknens, äußere Einflüsse wie Luftwechsel oder solarer Einstrahlung sind Faktoren die mit einfachen Mitteln beeinflussbar sind. Ebenfalls nimmt die Größe des Querschnitts Einfluss auf das Ausmaß des Risses. So fallen die Risse bei kleinen Querschnitten deutlich geringer aus.

Gegen die Rissbildung ist eine Abdeckung während der Trockenphase empfohlen. Um weitgehend die Rissbildung nach dem Einbau zu minimieren wird im Bereich des Gartenbaus von Terrassen dazu geraten das Holz in regelmäßigen Abständen zu ölen um eine gewisse Feuchtigkeit zu erhalten. Ebenso hat es einen weiteren Nutzen, der Bläue, Pilze und Fäule vorbeugen soll [Himmelsbach 2021].

Aus Kapitel - Gegenüberstellung einer Stahlkonstruktion, (S.45) der Bachelorarbeit von Hr. Himmelsbach:

Vor- und Nachteile einer Holzkonstruktion im Vergleich zu einer Stahlbaukonstruktion

Die Robinie gilt als nachwachsender und mittlerweile einheimischer Rohstoff. Holz ist bekannt für seine Leichtbauweise. Auch wenn die Robinie nicht zu den leichtesten Hölzern gehört, hat sie trotzdem mit einer Dichte von rund 700kg/m³, eine vergleichbar hohe Festigkeit. Stahl misst etwa das 10-fache. Dies ermöglicht ein Einbau mit leichtem Gerät. Ebenfalls lassen sich Holzbauteile noch vor Ort leicht bearbeiten.

Ein Vergleich von einem möglichen quadratischen Holzbalken und einem Stahlträger mit den Belastungen aus Berechnungen in der Bachelorarbeit dienen der Veranschaulichung des Gewichtes bei gleicher Belastung. So beträgt im Berechnungsbeispiel der Arbeit das Gewicht des Holzes 24,8 kg je Meter und das des Stahls 17,1kg je Meter.

Gegenüber Stahl hat Holz den Nachteil, dass es gegen Feuchtigkeit, Pilze und andere Schadstoffe geschützt werden muss. Durch sein natürliches Wachstum kommen Ungleichmäßigkeiten in seiner Form zustande. Eine Anisotropie entsteht.

Speziell für das Pilotprojekt in Riegel kann die Ästhetik von Holzbaukonstruktionen mit natürlichen Rundhölzern einen bedeutenden Einfluss haben der für die Verwendung von Holz als Baumaterial spricht [Himmelsbach 2021].

5.3.5 Fazit für Riegel

Anlagenründung

Zur Gründung der Viti-PV Anlage auf dem mächtigen Lössboden am Michaelsberg in Riegel soll auf ein Betonfundament verzichtet werden. Ein einfacher und vollständiger, rückstandsfreier Rückbau der Anlage soll ermöglicht werden. Weiter wird wegen der klimaschädlichen Wirkung auf eine Betonfundamentgründung verzichtet. Die Lösung einer Pfahlgründung mit Robinienstämmen konnte nicht abschließend geklärt werden. Zum aktuellen Projektstand werden auf Basis der Entwurfsplanung die Varianten einer Gründung mit Ramm- oder Pressprofilen oder eine Lösung mit Schraub- oder Spinnankern aus Stahl bevorzugt. Insbesondere der weiche Lössboden kann für diese Varianten technische Vorteile bringen. Im weiteren Verlauf wird eine detailliertere Planung erforderlich. Möglicherweise wird zur Berechnung und Dimensionierung der Gründungsvarianten ein Bodengutachten erforderlich.

Ausführung im Holzbauweise

Zum aktuellen Projektstand fehlen dem Projektteam die notwendigen technischen Lösungsmöglichkeiten und Erfahrungen insbesondere auch aus baustatischer Sicht und im Hinblick auf den konstruktiven Holzschutz, um eine dauerhafte und sichere Holztragkonstruktion in Riegel planen und realisieren zu können. Die Risiken einer Holzbauweise können nicht abschließend abgeschätzt werden. Die erforderliche Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit einer frei bewitterten Anlage ist unklar. Auch ob sich überhaupt eine Firma zur Ausführung in Holzbauweise finden ließe ist fraglich.

Grundsätzlich bleibt der Ansatz in Holzbauweise auszuführen eine interessante Option. Hier bedarf es jedoch weiterführender Forschung, Entwicklung und Planung um praxistaugliche und wirtschaftliche Lösungen zu entwickeln. Die Ausführung in Holzbauweise wurde daher für Riegel wieder verworfen. Es blieben zu viele vor allem auch technische Fragestellungen offen.

Tragkonstruktion der Viti-PV Anlage

Wesentliche Entscheidungskriterien für die Entwicklung im Rahmen der Konzeptstudie für das Pilotprojekt in Riegel waren sowohl wirtschaftliche Aspekte als auch die Themenschwerpunkte Akzeptanz, Klimaschutz, Klimafolgenanpassung, Bürgerbeteiligung und die Berücksichtigung der Belange von Klein- und Nebenerwerbswinzern aus der Region. Ziel war die Risikominimierung zum Bau und Betrieb einer Agri-PV Anlage.

Nach intensivem Abwägungsprozess kam das Projektteam zum Schluss, dass zur Umsetzung einer Pilotanlage in Riegel eine Tragkonstruktion aus Stahl zur Anwendung kommen soll, da bereits einige teil-erprobte, übertragbare und marktreife Prototypen und Systemkomponenten existieren und genutzt oder angepasst werden können. Es wurde im Rahmen der Konzeptstudie in Kombination sowohl eine Reihen- als auch Flächenüberspannte Lösung entworfen und geplant. Zusammen mit dem Ingenieurbüro INTECH GmbH & Co. KG konnte die oben dargestellte Viti-PV Anlage als Vorzugsvariante für Riegel bis zum Entwurfsstadium vorangebracht werden.

5.4. AP4 – Module

Für Viti-PV Anlagen lassen sich grundsätzlich alle Typen von Solarmodulen nutzen. Im Folgenden soll ein Überblick über verschiedene Modultypen gegeben werden, die für das Viti-PV Projekt in Riegel in

Betracht gezogen wurden. Diese lassen sich nach ihrer Lichtdurchlässigkeit, Gewicht, Niederschlagsverteilung, Kosten, Wirkungsgrad und Verfügbarkeit unterscheiden.

Standard-Module

Die üblichen Standard-Module bestehen aus siliziumbasierten Solarzellen. Häufig werden 60 Zellen in einem Abstand von 2-5 mm zwischen zwei Glasscheiben oder zwischen einer Glasscheibe und einer rückseitigen Deckfolie verbaut. Der Flächenanteil der Zwischenräume liegt etwa bei 4-5 Prozent [Fraunhofer ISE 2024]. Befestigt wird das Modul mit einem Metallrahmen. Die Standard-Größe beträgt ca. 1650 x 1000 mm und hat eine durchschnittliche Leistung von ca. 300 – 350 Wp [Greenhouse Media GmbH 2022].

Dünnschicht-Module

Dünnschicht-Module (siehe Abb. 31) werden aus Halbleiterwerkstoffen wie amorphen Solarzellen hergestellt. Dafür wird der Träger (bestehend aus Glas, Metall oder Kunststoff) mit dem Halbleitermaterial aufgesprüht oder bedampft. Außerdem benötigen die Dünnschicht-Module keinen Metallrahmen. Demzufolge sind die Module wesentlich dünner und leichter (ca. 500 g pro m²) als kristalline Module. Die flächenbezogenen Kosten liegen etwas niedriger als bei herkömmlichen Modulen. Allerdings werden geringere Wirkungsgrade im Vergleich zu kristallinen Modulen erreicht [Fraunhofer ISE 2020a].



*Abbildung 31: Dünnschicht-Module
[Quelle: Solarnenergie.de 2021]*

Bifaziale Module

Bifaziale Module können durch eine Modifizierung der Rückseite nicht nur wie herkömmliche Module die Vorderseite zur Stromerzeugung nutzen, sondern auch die Rückseite (siehe Abb. 32). Dadurch können bis zu 25 % höhere Stromerträge bei gleicher Größe von Standard Modulen erzielt werden. Vor allem für Agri-PV Anlagen können bifaziale Module interessant sein, da durch die Aufständigung und die Reihenabstände viel Licht an die Modulrückseiten ankommen und genutzt werden kann [SOLARWATT GmbH 2022a, Fraunhofer ISE 2020a]. Ein Beispiel für bifaziale Module ist in Abbildung 33 dargestellt. Entscheidend für die Effizienz der Module sind einige Faktoren, wie die Ausrichtung, die Aufständigungshöhe, der Modultyp, der Reihenabstand und der Albedowert der Geländeoberfläche.

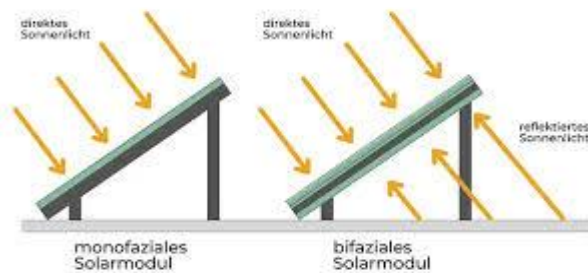


Abbildung 32: Bifaziale Module – Schaubild
[Quelle: TEWIWA 2022]



Abbildung 33: Bifaziale Module
[Quelle: Solarenergie.de 2025]

Partial transparente Module

Partial transparente Module (siehe Abb. 34) können bei einer transparenten rückseiteigen Abdeckung (Glas, Folie) das Licht aus den Zellzwischenräumen weitgehend durchlassen. Je größer die Zellzwischenräume, desto lichtdurchlässiger sind die Module. Diese Module werden bereits vor allem für Agri-PV Anlagen verwendet, um die darunterliegenden Pflanzen mit ausreichend Sonneneinstrahlung zu versorgen bei gleichzeitigem Schutz vor Umweltfaktoren. Dabei kann auch eine homogene Lichtverteilung erreicht werden. Nach den Erfahrungswerten von Agri-PV im Obstbau, werden die Kosten deutlich höher als die von Standardmodulen geschätzt. Eine genauere Schätzung ist zurzeit (Stand 2022) nicht möglich, da die Modulkosten zusätzlich abhängig vom Transparenzgrad und der Größe der Anlage sind [ertex solartechnik GmbH 2022]. Jedoch sind die spezifischen Investitionskosten deutlich höher als bei herkömmlichen Modulen. Genauso ist die resultierende Stromerzeugung vom Transparenzgrad abhängig, was sich auch auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage auswirkt [Fraunhofer ISE 2024].



Abbildung 34: Partial transparente Module der Agri-PV-Anlage im Obstbau des Fraunhofer ISE
[Quelle: Fraunhofer ISE 2020b]

Innovative Technologien, die jedoch für das Viti-PV Projekt in Riegel nicht näher in Betracht gezogen wurden, sind:

- **Innovative Röhrentechnik:** Speziell für die Anwendung von Agri-PV wurde eine innovative Röhrentechnik entwickelt, die die Vorteile der Licht- und Wasserdurchlässigkeit bietet. Jedoch bietet diese Technik eine geringere Schutzfunktion durch die Lücken. Das Unternehmen ging im August 2023 insolvent [Solarserver 2023].
- **Organische Photovoltaik (OPV):** Die Module bestehen aus organischen Kohlenstoffverbindungen und sind extrem leicht, flexibel und unzerbrechlich. Sie bieten ein einzigartiges Potenzial für die Erzeugung umweltfreundlicher elektrischer Energie. Beispielsweise kann in PV-Folientunneln ein Teil des Sonnenspektrums transmittiert und an die darunter wachsenden Pflanzen

gelangen. Nach aktuellem Forschungsstand liegen die Herausforderungen noch in den geringen Wirkungsgraden und Haltbarkeit [Fraunhofer ISE 2024].

- **Farbige PV-Module:** PV-Module mit unterschiedlichen Farben haben einen (je nach Farbe) geringeren Wirkungsgrad. Da keine großen Mengen produziert werden, sind die Module teurer als konventionelle Module. Allerdings können sich die Module besser ins das Landschaftsbild integrieren und so zur Akzeptanz für Viti-PV beitragen.

Die folgenden Vor- und Nachteile der verschiedenen Modultypen in Tabelle 7 wurden speziell auf das Viti-PV Projekt Riegel herausgearbeitet und zusammengefasst.

Tabelle 7: Übersicht der Vor- und Nachteile von Modultypen

Modultyp	Vorteile	Nachteile
Standard	Günstig, große Auswahl, vorhandene Serienproduktion und Standardisierung	Großer Schattenwurf
Bifazial	Höhere Stromerträge durch die Nutzung der Rückseite zur Stromerzeugung	Technik lohnt sich nicht bei einer kleinen, niedrigen Anlage, da auf die niedrige Höhe kaum Rückstrahlung an der Rückseite der Module ankommt
Dünnschicht	Niedrigeres Flächengewicht und kostengünstiger durch eine einfachere Herstellung	Geringerer Wirkungsgrad, instabiler und kürzere Lebensdauer
Partial transparent	Lichtverfügbarkeit für die Pflanzen und gleichzeitige Schutzfunktion	Keine Serienproduktion und dadurch höhere Kosten

[Quelle: Eigene Darstellung]

Bei der Überprüfung der Tauglichkeit der Module für das Viti-PV Projekt in Riegel lag der Fokus auf der Schutzfunktion der Pflanze.

Der Vorteil von Standard Modulen ist die große Auswahl durch die vorhandene Serienproduktion und Standardisierung, weswegen die Module auch um einiges günstiger als die anderen Modultypen sind. Da das Viti-PV Projekt als low-budget Projekt angedacht ist, sprechen die Kosten von Standard Modulen für sich. Der große aber entscheidende Nachteil ist der Schattenwurf. Da die Module kein Licht an die Reben durchlassen und somit das Pflanzenwachstum hindern können, scheiden die Standard Module für das Viti-PV Projekt in Riegel aus.

Die Bifazialen Module könnten für einen höheren Stromertrag der Anlage sorgen. Da in Riegel aber eine niedrige und kleine Anlage geplant ist, lohnt sich die innovative Technik für dieses Projekt nicht. Die Rückstrahlung an der Rückseite der bifazialen Module wäre zu gering, um diese optimal nutzen zu können und die Kosten der Module dafür zu hoch.

Eine Überlegung für das Projekt in Riegel waren Dünnschicht Module, um die Unterkonstruktion zu entlasten. Durch die einfachere Herstellung sind die Module kostengünstiger. Da die Module allerdings einen geringeren Wirkungsgrad haben, die Lebensdauer kürzer ist und die Module instabiler sind, wurde sich innerhalb der Konzeptstudie gegen Dünnschicht Module für Riegel entschieden.

Partial transparente Module bieten ein ideales Maß an Lichtdurchlässigkeit und eine gleichzeitige Schutzfunktion für die Pflanzen. Während der Erarbeitung der Konzeptstudie wurde festgestellt, dass dieser Faktor die höchste Relevanz für das Projekt in Riegel hat. Hier kann die nötige Lichtverfügbarkeit gesichert werden (und individuell auf die Bedürfnisse der Pflanze angepasst werden) bei einer gleichzeitigen Schutzfunktion und somit als optimale Klimaanpassungsmaßnahme dienen. Durch die variable partielle Transparenz ist sind die Kosten schwer einzuschätzen und höher als bei anderen Modultypen. Neben der Lichtmenge gilt es zudem homogene Lichtverhältnisse für die Reben zu gewährleisten. Auch dieses kann durch den Einsatz von partial transparent Modulen gewährleistet werden.

Fazit Modultyp

Aus den Fachgesprächen und den gewonnenen Erkenntnissen konnte schnell ein Fazit über den Modultyp gezogen werden. Die Viti-PV Anlage in Riegel soll als Klimaanpassungsmaßnahme dienen. Im Fokus des Projekts steht die Schutzfunktion und die gleichzeitige Steigerung der Qualität der Rebpflanze. Das kann lediglich mit ausreichenden Lichtverhältnissen gewährleistet werden. Aus diesem Grund war das Hauptkriterium, dass an die Module gestellt wurde, die Lichtdurchlässigkeit. Deswegen sollen bei einem möglichen Bau in Riegel partial transparente Module verwendet werden.

Auswahl des Transparenzgrads der Module

Um die Rebpflanzen den optimalen Lichtverhältnissen auszusetzen, muss die Frage des Transparenzgrads der Module geklärt werden. Dies muss im Zusammenhang mit der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) bewertet werden (siehe Tab. 8). Durchschnittlich sind laut dem WBI Freiburg etwa 30% Verschattungstoleranz (70% PAR) für die Rebpflanzen unbedenklich. Abgesehen in der Blütenphase (Mitte Mai) der Pflanzen. Hier sollten 20 % Verschattung nicht überschritten werden, da die Pflanzen zu dem Zeitpunkt eine höhere Sonneneinstrahlung benötigen. Vor und nach der Blütenphase kann die Verschattung erhöht werden. Im Sommer bietet die Verschattung auch den nötigen Schutz vor zu starker Sonneneinstrahlung oder einem Sonnenbrand. Der Transparenzgrad ist ebenfalls von der Anlagenanordnung abhängig. Je nach Reihenabstand und den dadurch entstehenden Lücken variiert die Lichtdurchlässigkeit, weswegen die Anlage eine unterschiedliche Verschattungstoleranz hat [Fraunhofer ISE 2021a].

Tabelle 8: Kriterium bei der Auswahl des Transparenzgrads der Module

Entwicklungsstadien	Anforderungen
PAR BBCH < 53: Vor der Blüte	Bis zu > 60 Prozent PAR möglich
PAR BBCH 53 - 69: Geschein / Blüten	Min. 80 % (ertragsbestimmende Knospenbildung priorisieren)
PAR BBCH 71 - 89: Fruchtreife (Säureabbau, Aromabildung)	70 – 80 % PAR (gezielte Reifeverzögerung)
Nach Ernte	> 50 % PAR; minimal PAR (Stromertrag priorisieren)

[Quelle: Fraunhofer ISE 2021a]

Fazit für Riegel

Für das Viti-PV Projekt in Riegel würden, auf Basis der Fachgespräche und den daraus gewonnenen Erkenntnissen, für alle drei Flächen partial transparente Module eingesetzt werden. Diese bergen den Vorteil, dass sie einen gewünschten Prozentsatz des Lichtes bei gleichzeitigem Schutz der Pflanzen vor Umwelteinflüssen durchlassen. Auf den Flächen besteht die Möglichkeit verschiedene Module mit unterschiedlichen Transparenzgraden zu untersuchen. Der Weinbau ist eine lichtliebende Kultur. Insbesondere im Frühjahr, wenn der Wein austreibt, braucht er ausreichend Sonneneinstrahlung. Daher sollen die Module, die für die Rebpflanzen und Traubenreifeung erforderlichen Lichtverhältnisse sicherstellen. Der Einsatz der partial transparenten Module garantiert ebenfalls eine hohe Lichtdurchlässigkeit bei geringeren Investitionskosten und Wartungsanfälligkeit. Da keine elektronische Steuerung der Module über den Tagesverlauf vorhanden sein wird (siehe Kapitel 5.7), dürfen die Module keine zu dichte Decke bilden, um eine ausreichende Luftzirkulation zu gewährleisten. Die abschließende Auswahl eines Herstellers oder Lieferanten unter Berücksichtigung des gewünschten Transparenzgrades steht noch aus.

5.5. AP5 – Optimierungspotenzial durch elektronische Steuerung / Nachführung

Der Begriff „Tracking“ oder im deutschen (elektronische) Nachführung bezeichnet die automatisierte Ausrichtung der PV-Module über einen bestimmten Zeitraum. Im ursprünglichen Sinne, u.a. bei der Freiflächen-PV, werden die PV-Module der Sonne nachgeführt, um so eine maximale energetische Ausbeute zu erzielen. Bei der Freiflächen-PV beruhen die Tracking-Systeme in der Regel auf dem Anstellwinkel der Sonne oder der Sonnenbahn oder Helligkeitssensoren. Grundsätzlich wird zwischen Systemen unterschieden, die in eine bzw. in zwei Richtungen rotieren können [Fraunhofer ISE 2020a].

Auch bei der Agri-PV kann eine elektronische Steuerung der Module zum Einsatz kommen. Neben der energetischen Ausbeute können mit verstellbaren Modulen weitere Vorteile entstehen und genutzt werden. Durch gezielte Steuerung der Module können die Anforderungen der Nutzpflanze über Jahres- und Tageszeit sowie der Schutz bei Extremwetterereignisse (Sonne, Regen, Nässe, Hagel, Kälte) berücksichtigt werden. So lässt sich die Anlage mit maximalem Vorteil für die Nutzpflanze (Ertrag und Qualität) und bei gleichzeitig maximalem Stromgewinn situationsbedingt anpassen. Aus das Mikroklima in der Anlage lässt sich durch Verstellen der Module bis zu einem gewissen Grad anpassen steuern. Außerdem kann das Tracking bzw. die Verstellbarkeit der PV-Module die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Fläche durch landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge erleichtern. Im Anlagenbetrieb dann das Verstellen der Module auch die Wartung, Reinigung und Reparatur günstig beeinflussen.

Durch die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten können/könnten bei der Agri-PV nicht nur klassische Nachführsysteme verwendet werden, sondern verschiedene entweder spezifische auf die entsprechende Kultur und Standort zugeschnittene Programme und/oder mit entsprechenden Sensoren für u.a. Licht, Regen, Wind, Hagel ausgestattete Systeme zum Einsatz kommen.

Vorteile

Wie bereits erwähnt kann die elektronische Steuerung sowohl für den energetischen Ertrag als auch für die Pflanzengesundheit sowie für das Handwerk und die Praktikabilität im Weinbau Vorteile bringen. Laut einer Veröffentlichung des ISEs, kann die Nachführung (Freiflächen-PV) zum einen zu einer Verstärkung der Stromproduktion über den Tagesverlauf als auch zu einer Gesamtsteigerung des Stromumsatzes um 15 bis 30 % beitragen [Fraunhofer ISE 2025].

Bei der Agri-Photovoltaik kann die elektronische Steuerung der Verstärkung der Synergien von Energiegewinnung und Landwirtschaft dienen. Die Firma Sun'Agri wirbt mit, dass die Module, welche einachsiger um $\pm 90^\circ$ ausgehend von der horizontalen Ebene drehbar sind, die Pflanze bei zu viel Sonneneinstrahlung schützt oder aber mehr Sonneneinstrahlung zulässt, wenn die für die Pflanze wichtig ist [Sun'Agri 2021]. Auf dem Biohof Nachtwey, wo 2021 die erste Agri-PV Anlage über Spalierobst in Deutschland gebaut wurde, ist ein Ziel durch die Verstellbarkeit der PV-Module, die Regendurchlässigkeit der Anlage bei Bedarf zu gewährleisten [Fraunhofer ISE 2021b].

In Kombination mit der Höhe der Aufständigung > 5 m bei wirbt der italienische Anbieter Rem Tec mit der erleichterten Bewirtschaftung durch landwirtschaftliche Maschinen bei elektronischer Verstellbarkeit der Module [Rem Tec 2020].

Eine elektronische Steuerung kann bei eignen Systemen zudem mit einem erhöhten Grad an technischer Innovation einhergehen: Bei dem System von Sun'Agri erlauben eingebaute Sensoren die Aufnahme von Wetterdaten und Informationen über die Pflanzengesundheit und sollen somit ein Echtzeit-Monitoring des Systems und die smarte Anpassung an aktuelle Gegebenheiten gewährleisten [Sun'Agri 2021]. Der Spanische Anbieter Axial bietet bei seinem System eine Bedienung mit Hilfe einer App an und damit ebenfalls eine dynamische Kontrolle der Sonnen- und Schattenstunden [Sánchez Molina 2021].

Nachteile

Die Nachteile einer elektrischen Steuerung der PV-Module liegen vor allem bei den intensiven Kosten der Anschaffung und Wartung sowie der generellen Stör- und Wartungsanfälligkeit der Anlagen.

In einer vergleichenden Studie zu PV-Anlagen von 2021 werden die Anschaffungskosten für ein einachsiger rotierendes System auf 116 % und ein zweiachsiger rotierendes System auf 145 % verglichen zu einem starren System gemittelt. Für die Wartungskosten werden für ein einachsiger System auf 148%, für ein zweiachsiger System auf 217 % der Wartungskosten eines starren Systems berechnet [Lugolaguna/Arcos-Vargas/Nuñez-Hernandez 2021]. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass einachsiger rotierende Systeme in Europa am wirtschaftlichsten sind. Hierbei beziehen die Kosten sich auf freistehende PV Anlagen in Österreich. Für die Anlage in Heggelbach, die 20x gebaut wurde, kam das ISE in einer Vorstudie zu dem Ergebnis, dass eine elektronische Nachführung nicht rentabel wäre [Fraunhofer ISE 2020a]. Zudem verweist das ISE darauf, dass es bei einem zweiachsiger rotierenden System zu Ausbildung eines Kernschattens kommen kann [Fraunhofer ISE 2020a]. Ein weiterer Nachteil kann die die subjektive Wirkung der Technologisierung auf Bevölkerung und Landwirt:innen und somit die Akzeptanz der Viti-PV sein. Unklar ist, ob der Einsatz rotierende Elemente Einfluss auch die baurechtliche Genehmigung hätte.

Ein praktischer Nachteil ist, dass von den erwähnten Systemen nur wenige Anlagen im Weinbau existieren und somit wenig praktische Erfahrungen vorliegen. Sun'Agri hat eine 4,5 ha Anlage in den südlichen Pyrenäen gebaut.

Fazit für Riegel

Die Viti-PV Anlage, die bei ausreichender Finanzierung in Riegel gebaut werden soll, soll eine Low-Tech-Anlage sein, die eine einfach Nachahmbarkeit für Winzer ermöglicht. Um das Landschaftsbild möglichst wenig zu beeinträchtigen und da keine Bewirtschaftung mit dem Vollernter angestrebt wird, wird eine möglichst geringe Höhe der Aufständigung geplant.

Die Erstellung eines geeigneten Algorithmus, der genau auf den Weinanbau und den Standort abgestimmt und somit die vielen Vorteile der elektrischen Steuerung abdecken würde, ist voraussichtlich nicht finanzierbar. Bei einer einfachen manuellen Steuerung, die lediglich die Verstellbarkeit der Module erlauben würde, ist mit einer 30 % Kostensteigerung auszugehen.

Die Anlage soll in Riegel auf dem Gelände eines Nebenerwerbs-Winzern erbaut werden. Die Anlage soll somit möglichst pflegeleicht sein und wenig Aufmerksamkeit im Alltag beanspruchen. Eine erhöhte Wartungsanfälligkeit ist zu vermeiden.

Der Einbau einer elektronischen Steuerung/Nachführung wird somit als wirtschaftlich und praktisch nicht sinnvoll erachtet. Um trotzdem eine ausreichende Sonneneinstrahlung zuzulassen, wird die Verwendung von semitransparenten Modulen (siehe Kapitel 5.4) als notwendig erachtet. Ausreichender Abstand zwischen den PV-Modulen muss die Luftzirkulation erlauben.

5.6. AP6 – Hagelschutz

Mit dem Klimawandel nimmt die Anzahl an hagelbringenden Hitzegewittern im Frühjahr und Sommer zu [Umweltbundesamt 2021]. Bereits 2012 wurde in einer Untersuchung zu den Klimafolgen in Baden-Württemberg eine Zunahme von Extremwetterereignissen (Hagel, Spätfröste, Starkniederschläge) festgestellt [Wattendorf et. al. 2012]. Es gab in der untersuchten Modellregion des Wassereinzugsgebietes der Dreisam schon immer Hagelereignisse. Häufigkeit und Intensität hatten sich in den letzten Jahren jedoch verstärkt. Mittlerweile treten Hagelereignisse auch an anderen Stellen und auch viel häufiger auf, unter Umständen jährlich statt alle 4 - 6 Jahre.

Der Versicherer Munich Re Rückversicherung unterstützte in Zusammenarbeit mit dem European Severe Storms Laboratory (ESSL) eine Doktorarbeit, um die Wahrscheinlichkeit für kleinräumige Schwergewitterereignisse auf Basis von großräumigen Beobachtungen (sogenannten Reanalyse-Daten) für den Zeitraum 1979 bis 2015 abzuleiten. Die in der Modellregion Dreisam-Einzugsgebiet gemachten Beobachtungen hinsichtlich einer Zunahme der Hagenschadensereignisse konnten in dieser Studie bestätigt werden [Munich RE 2018]. In den betrachteten 37 Jahren nahm die Zahl der Hagelereignisse insgesamt deutlich zu, besonders im Bereich der Adriaküste und Norditalien. Die Region Südbaden liegt in der peripheren Zone der Zunahme der Hagelereignisse, wie in Abbildung 35 ersichtlich [Rädler et. al. 2018].

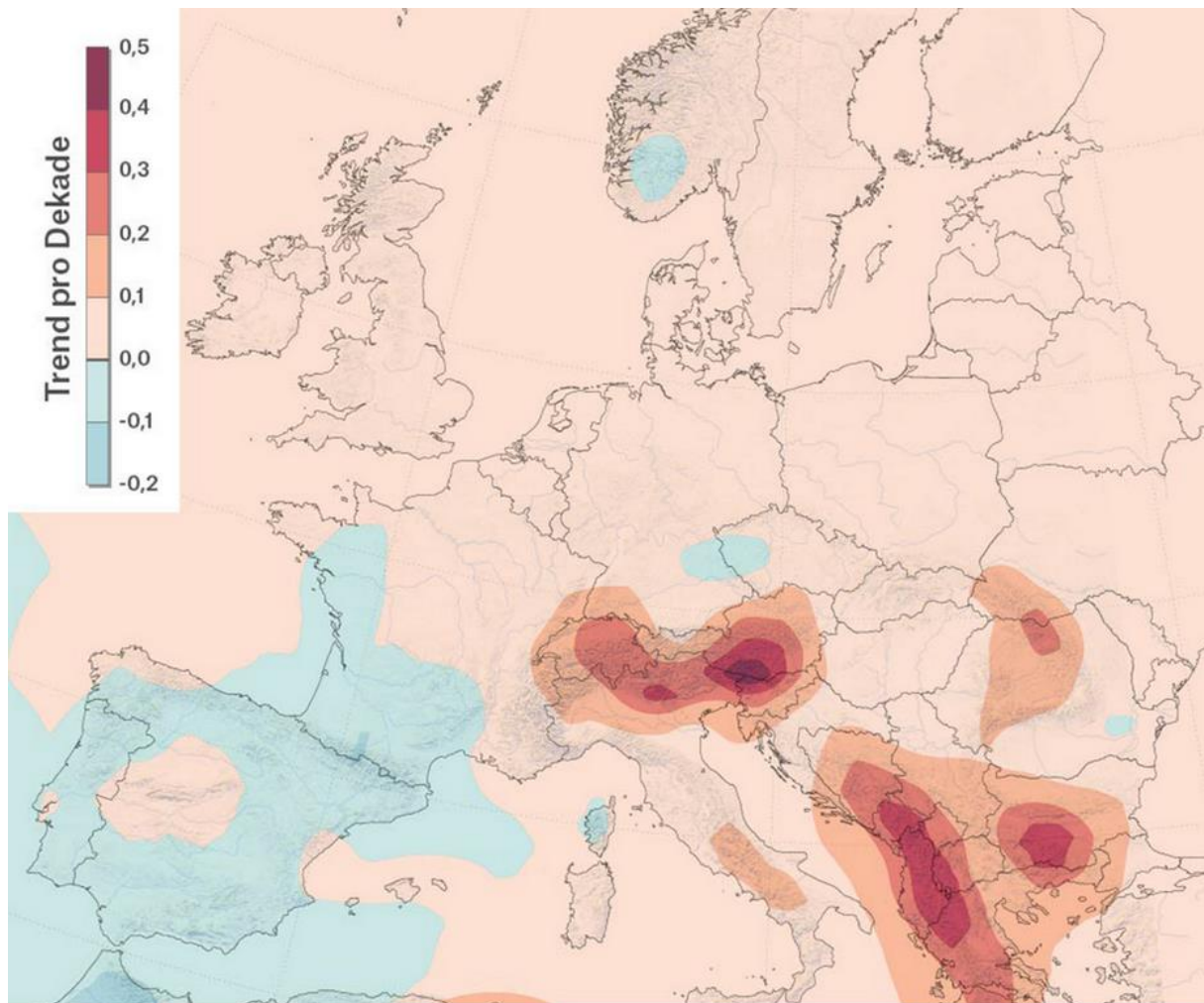


Abbildung 35: Zunahme der Hagelereignisse 1979.-2015
[Quelle: Munich RE 2018]

Weiter problematisch ist, dass nicht nur die Wahrscheinlichkeit von Hagelereignissen, sondern auch deren Intensitäten zugenommen hat. So verursachen heute Hagelkorngrößen von bis 5 cm auch schwere Schäden an Häusern und Autos [Munich Re 2018]. Nach Angaben der Versicherer betrug der Anteil von Hagelschäden in der Landwirtschaft zwischen 1990 und 2013 deutschlandweit 26 % und verursachten schätzungsweise finanzielle Schäden von 3,18 Milliarden Euro [Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg/LUBW 2020].

Hagel im Weinbau

Hagelereignisse können punktuell immense Schäden an kleinflächigen, aber wertvollen Sonderkulturen im Garten-, Obst- und Weinbau verursachen. Bereits Hagelkörner in einer Größe von 0,5 – 2 cm verursachen leichte bis mittelschwere Schäden an Pflanzen und auch bei Sonderkulturen wie Rebanlagen [Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2023]. Das Risiko von Hagelschäden ist besonders zu Beginn der Vegetationsperiode hoch. Auch in den Rebanbaugebieten Markgräflerland und Kaiserstuhl kommt es vermehrt zu Schadensereignissen durch Hagel an Rebanlagen, so z.B. in den Jahren 2004, 2005, 2009, 2011, 2015 und 2023 [Bury 2015, Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 2023]. Ein Beispiel von einer verhagelten Rebfläche ist in Abbildung 36 abgebildet. Vom Hagelextremwetterereignis 2023 waren 150 Winzer:innen im Anbaugebiet von Sulzburg betroffen. Geschädigt wurden 790 ha Rebfläche mit 3.600 Parzellen, von denen einige bis zu 100 %

Totalausfall hatten. Der Schaden betrug 8.8 Mio. Euro für die betroffenen Weinbaubetriebe [Vereinigte Hagelversicherung VVaG 2023].



*Abbildung 36: Großflächig verhagelte Reben im Markgräflerland
[Quelle: Vereinigte Hagelversicherung VvaG 2023]*

Früher waren die Gebiete mit Hagelrisiko weitestgehend bekannt und die Betroffenen waren hagelversichert. Heute können Extremhagelereignisse überall auftreten. Staatliche Hilfen für den Ausgleich der Folgen von Naturkatastrophen in der Landwirtschaft sind nur noch in Ausnahmefällen zulässig und können um 50 % gekürzt werden, wenn die betroffenen Landwirtschaftsbetriebe keinen adäquaten Versicherungsschutz abgeschlossen haben. Für die Winzerbetriebe am Kaiserstuhl ist es wie für die Mehrzahl anderer landwirtschaftlicher Betriebe primär eine ökonomische Frage, ob sie technische Schutzmaßnahmen gegen zunehmende Gefahren der Klimafolgenauswirkungen, z.B. Hagelschutznetze, Beregnungssysteme (Trockenheit) oder Regen-/Frostschutzabdeckungen ergreifen oder sich versichern.

Viele Winzerbetriebe am Kaiserstuhl sind nur in der Nebenerwerbslandwirtschaft tätig. Und selbst die Haupterwerbswinzer:innen scheuen die Kosten für Investitionen in Hagelschutznetze. Insbesondere im Weinbau war die Höhe der Versicherungsprämien lange Zeit ein Hemmschuh für eine höhere Versicherungs-Dichte. Bis 2020 waren nur 40 % der weinbaulichen Anbauflächen gegen Hagel versichert [Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg/LUBW 2020]. In 2023 konnte das erste Mal die 50 % Schwelle überschritten werden, wie in Abbildung 37 dargestellt [LUBW 2025].

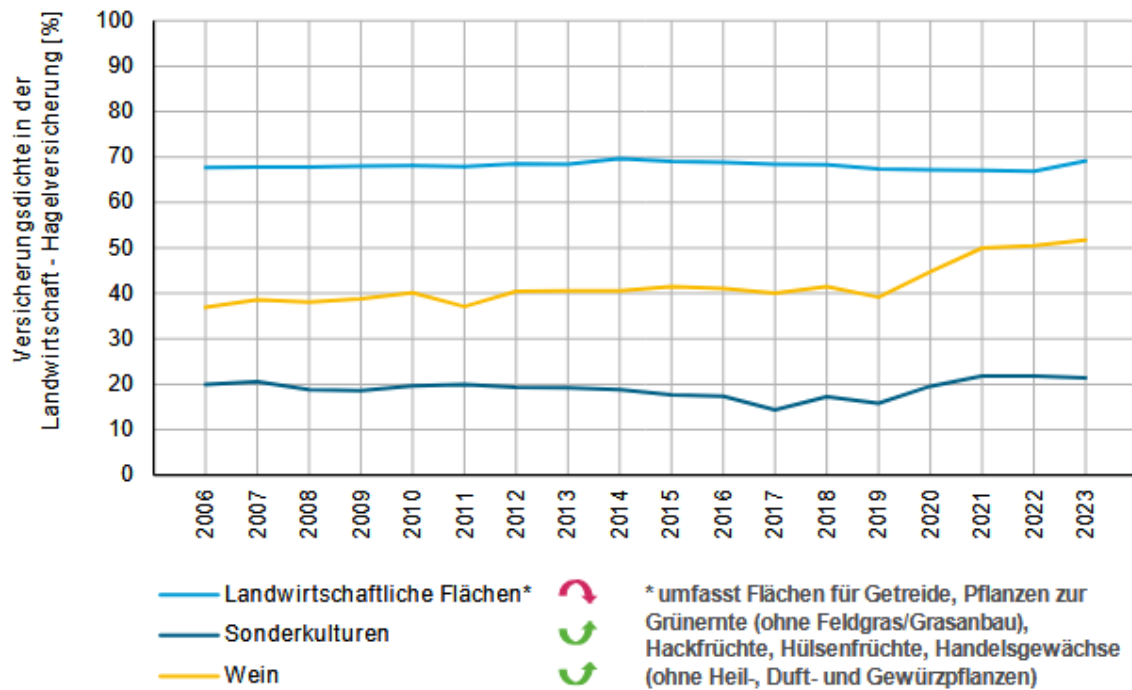


Abbildung 37: Versicherungsdichte der Landwirtschaft – Hagelversicherung
 [Quellen: LUBW 2025]

Maßnahmen zum Hagelschutz im Weinbau

Die Firma Whailex aus Ehrenkirchen ist einer der Projektpartner, die das Projekt Viti-PV Projekt Riegel unterstützen. Die Firma hat ihre Wurzeln im Landmaschinen- und Hydrauliktechnikbereich, konnte sich jedoch seit den 00er Jahren im Weinbau bei der Entwicklung von Hagelschutznetzen und der entsprechenden Technik ein zweites Standbein errichten und überregionale Bedeutung im Weinbau erlangen.



Abbildung 38: Whailex Hagelschutznetz
 [Quelle: Whailex - WAGNER GMBH Hydraulik + Antrieb 2025]

Whailex Hagelschutznetze können entweder maschinell in größeren Rebflächen oder manuell in Kleinparzellen im Drahtrahmensystem angebracht werden, so dass eine Schutzwirkung gegen Hagelschäden gewährleistet ist (siehe Abb. 38). Die Hagelschutznetze können auf einer Länge von bis zu 100 m manuell mit einer Handkurbel heruntergekurbelt werden. Die Netze überspannen dabei die gesamte Laubwand und gewährleisten so, dass bei einem auftretenden Hagelereignis die Schäden an Laubwand und Beeren weitgehend minimiert werden. Whailex-Hagelschutznetze minimieren weiterhin auch Ernteverluste durch Vogel- und Wespenfraß sowie Sonnenbrand und sind problemlos in weinbauliche Arbeiten im Weinberg zu integrieren [Whailex – WAGNER GMBH Hydraulik + Antrieb 2025].

Im Rahmen von Begleitforschungen wurden durch das Weinbauinstitut Freiburg (WBI) die Schutzwirkung und Auswirkungen von Whailex-Hagelschutznetzen im praktischen Weinbaubetrieb untersucht. Die Auswertung über mehrere Messperioden der Begleitforschung ergab, dass die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) unter dem Netz etwa 15-20 %, je nach Farbe der Netze bis zu 30 % reduziert war. Diese Forschungsergebnisse ermöglichen erste Rückschlüsse auf Auswirkungen der Verschattung durch PV-Module in aufgeständerten Viti-PV Anlagen auf die Rebpflanzen [Weinmann et. al. 2021].

Mit dem Firmeninhaber wurden zu Anfang des Viti-PV Projektes Gespräche geführt und Fragestellungen erörtert. Unter anderem wurde diskutiert ob und welche Synergiepotentiale zwischen einer aufgeständerten Viti-PV Anlage und Whailex Hagelschutznetzen bestehen. Dies mag auf den ersten Blick paradox wirken, da man vermuten könnte, dass die über den Rebzeilen angebrachten PV-Solarmodule ausreichenden Hagelschutz bieten. Allerdings liegt bei genauerer Betrachtung die Annahme nahe, dass eine 100-prozentige Schutzfunktion durch die Agri-PV Anlage nicht zu erwarten ist. Hier spielen Faktoren wie Reihenabstände und Modultischbreite eine Rolle. Hagelereignisse werden häufig von starken Winden begleitet, wodurch ein Teil der Hagelkörner durch seitliche Verdriftung Hagelschäden verursachen kann. Außerdem können sich bei Tracker-Anlagen Einstellungen der Modulneigung bei Extremwetterereignissen auswirken. In jedem Fall ist anzunehmen, dass bei einer aufgeständerten Viti-PV Anlage durch Module und Tragkonstruktion eine deutliche Abmilderung des Schadens zu erwarten ist.

Aus einem weiteren Grund änderte sich im Verlauf der Projektentwicklung der Fokus zu Integration zusätzlicher Hagelschutzkomponenten in die Anlagenkonstruktion. Im Eschbach ist seit 2019 ein Hagelschutzflieger stationiert, der aufsteigt, wenn der Wetterdienst Hagelgefahr meldet. Gesteuert vom Wetterdienst versprüht der Hagelflieger in den Gewitterwolken über den gefährdeten Rebanlagen ein Silberjodid-Aceton-Gemisch, das verhindern soll, dass sich in der Gewitterzelle Hagelkörner bilden. Auch dieser Service ist nicht kostengünstig. Die Kosten werden gemeinsam von Gemeinden, Winzer-genossenschaften, Versicherungen und Winzer:innen getragen und obwohl die Methode nicht ganz unumstritten ist, ist diese derzeitiger Stand der Technik [Zink 2019].

Fazit für Riegel

Im Rahmen der konzeptionellen Arbeiten bei der Planung der Viti-PV Anlage Riegel wurden mit der Firma Whailex erste Ideen erörtert. Es wurde eine Kombination aus direkter Schutzwirkung, durch die über den Rebzeilen auf der Tragwerkskonstruktion angebrachten PV-Module, in Ergänzung mit dem Freiraum überspannenden Hagelschutznetzen zwischen der Tragwerkkonstruktion betrachtet. Hierdurch müsste sich die Hagelschutzwirkung zusätzlich erhöhen lassen. Diese Idee wurde allerdings nicht weiterverfolgt, da im Falle eines Hagelereignisses das Gewicht der im Zwischennetz aufgefangenen Hagelkörner schnell kritische Größen erreichen kann. Stattdessen wurde auf der Monitoring-Ebene (siehe Kapitel 5.7) vereinbart, dass – falls eine der drei Versuchsanlagen von einem Hagelereignis betroffen sein würde, eine Schadensbewertung bei der betreffenden Rebfläche durchgeführt werden sollte, um die Schutzwirkung der über den Rebzeilen angebrachten Modultische gegen Hagel zu bewerten.

5.7. AP7 – Monitoring Konzept

Da es bislang aus den wenigen Pilotanlagen aus Italien und Frankreich wenig Untersuchungsergebnisse gibt, soll bei Umsetzung des Projekts die Machbarkeit von Photovoltaik im Weinbau wissenschaftlich untersucht werden. Es ist nicht davon auszugehen, dass mit einer einzelnen Pilotanlage alle Fragen von

Winzer:innen und Weinkonsument:innen über die Auswirkung der Anlage auf den Geschmack und Qualität des Weins beantwortet werden können. Zudem werden die Auswirkungen je nach Jahrgang und entsprechendem Wetter sowie Rebsorten anders ausfallen. Daher braucht es mehrere (kleinere) Pilotanlagen und ein entsprechendes Monitoring, um langfristig den Winzer:innen eine ausreichende Sicherheit zu geben. Die Sorten und die klimatischen Verhältnisse in der Oberrheinregion weichen stark von den bisher bestehenden Viti-PV Anlagen ab, weshalb die Ergebnisse nicht auf die Viti-PV Anlage in Riegel übertragen werden können.

Deshalb ist ein wissenschaftliches Monitoring nach Bau der Anlage notwendig, um die Auswirkungen der Viti-PV Anlage auf die Reben festzuhalten. Weinbauliche Fragestellungen sollen in Kooperation mit dem Staatlichem Weinbauinstitut Freiburg (WBI) untersucht werden. Hierbei handelt es sich vor allem um den Effekt der partiellen Beschattung und die einhergehende Gesundheit/Qualität der Pflanze und die Auswirkung der Schutzfunktion der Anlage auf die Rebe. Im Rahmen der Konzeptstudie wurde ein mögliches Monitoringkonzept und deren Kosten erarbeitet, um die technische und wirtschaftliche Machbarkeit eines Monitorings in die Ergebnisse Konzeptstudie miteinließen zu lassen. Durch die wissenschaftliche Begleitung kann die Akzeptanz der Winzer:innen gefördert und die Nachahmbarkeit somit verstärkt werden. Weiterhin können Erkenntnisse zur Optimierung des zukünftigen Anbaus von Wein unter PV gewonnen werden. Die Kontrolle der Ertragsleistung und der Beweis der Pflanzengesundheit ist wichtig für die allgemeine Akzeptanz von Agri-PV bei der Bevölkerung.

Das Weinbauinstitut Freiburg würde nach Bau der Anlage die Monitoring-Phase übernehmen. Das Weinbauinstitut Freiburg (WBI) ist bereits seit 2019 über die Planung der Viti-PV Anlage in Riegel informiert und unterstützt das Projektvorhaben durch die Erbringung von Weinbaulicher Beratung und im Rahmen des vorgesehenen Anlagenmonitoring.

In Absprache mit dem Weinbauinstitut Freiburg sind bestimmte Anforderungen an ein wissenschaftliches Monitoring zu gewährleisten:

- Randeffekte müssen ausgeschlossen sein
- Homogener Untergrund
- Bestimmte Fläche von einer gleichen Pflanze
- Bestimmte Anzahl an Wiederholungen
- Bestimmte Flächengröße vollbeschattet und nicht beschattet

Die potenziellen Flächen in Riegel können diese Anforderungen inklusive der Referenzflächen für ein wissenschaftliches Monitoring nicht bzw. nur eingeschränkt erbringen.

Monitoring in Riegel

Da eine begleitende Untersuchung im Falle einer Umsetzung des Projekts unabdingbar ist, um gewisse praxisnahe Entwicklungstendenzen erkennen zu können, wurde zusammen mit dem WBI ein flächenangepasstes Begleitforschungskonzept festgelegt. Das WBI Freiburg würde nach Bau der Anlage ein Monitoring für drei Jahre durchführen. Im Rahmen der praxisnahen Untersuchung können durch das WBI essentielle Parameter ermittelt, untersucht, erfasst und bewertet werden. Ziel ist eine wissenschaftliche Auswertung über die Auswirkungen einer Photovoltaik-Anlage im Weinbau mit Diskussion optimierender Maßnahmen. Das Weinbauinstitut Freiburg ist bereits seit 2019 über die Planung der Viti-PV Anlage in Riegel informiert und unterstützt das Projektvorhaben durch die Erbringung von Weinbaulicher Beratung und im Rahmen des vorgesehenen Anlagenmonitoring. Mehrere Mitarbei-

ter*innen des WBI, darunter die Institutsdirektorin Frau Dr. Bettina Frank-Renz, Ernst Weinmann (Leiter Weinbau und Resistenzzüchtung), nahmen im Mai 2021 an einer Flächenbegehung in Riegel und einer anschließenden Auftaktveranstaltung im Bürgerhaus der Gemeinde Riegel unter Leitung von Bürgermeister Daniel Kietz und Klimaschutzmanagerin Irina Wellige teil. Resultierend aus dem Ortstermin konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass eine praxisnahe Untersuchung einem umfangreichen, wissenschaftlichen Monitoring vorzuziehen ist. Das Konzept als „Reallabor Viti-PV Riegel“ stößt beim WBI auf großes Interesse, da dort die Errichtung von unterschiedlichen Anlagetechniken erprobt werden soll, die Flächen mit verschiedene Weinsorten bepflanzt sind, eine Fläche mit konventionellem mechanisiertem Anbau und drei weitere ökologisch bewirtschaftet werden sollen (Handlese, teilmaschinelle Bearbeitung). Außerdem wird die Viti-PV Anlage in Bestandsanlagen errichtet, was eine frühere Bewertung des Einsatzes von Viti-PV in weinbaulichen Dauerkulturen ermöglicht). Das WBI sieht auch Vorteile in der Nähe des Standortes Riegel zum Landwirtschaftlichen Bildungszentrum Emmendingen als potentiellen Exkursionsstandort.

Inhalte des Monitorings

Agrarwissenschaftliche Analysen:

Für folgende Arbeitspakete würde das WBI einen Arbeitspaketverantwortlichen in Teilen seiner Arbeitszeit zur Bearbeitung abstellen.

Arbeitspakete zur Begleitforschung

- Versuchsplanung, Experiment Design, Organisation der Materialien
- Pflanzenbauliche Datenerfassung (je Frühjahr bis Oktober)
- Rebenentwicklung und Gesundheit der Neuanlage
- Rebenentwicklung und Gesundheit der bestehenden Anlage
- Beerenproben mit Reifeuntersuchung insbesondere physiologische-/Zucker-Reife und Säure/Oechsle Verhältnis, Konzentration an hefeverfügbarem Stickstoff
- Wasserversorgung der Rebe und/oder Verfügbarkeit im Boden
- Bonitur von Umweltschäden wie Winterfrost, Spätfrost, Hagel, Sonnenbrand, Sturm, Erosion, Trockenstress etc.

Datenauswertung und Analyse

- Beschreibung von Pflanzenentwicklung und Ertrag unter der Viti-PV Anlage
- Erläuterung und Diskussion der Ursachen, Veröffentlichung in Fachzeitschriften, wissenschaftlicher Diskurs

Fazit für Riegel

Im Rahmen einer Pilotanlage ist ein wissenschaftliches Monitoring unverzichtbar, um die Auswirkungen und Machbarkeit von PV Anlagen im Weinbau praxisnah zu untersuchen. Da die Flächen in Riegel nicht die Bedingungen für ein wissenschaftliches Monitoring bieten, wurde in Zusammenarbeit mit dem WBI ein flächenangepasstes Begleitforschungskonzept entwickelt. Dieses praxisorientierte Monitoring soll wichtige agrarwissenschaftliche Parameter erfassen und die gewonnenen Erkenntnisse zur Optimierung zukünftiger Viti-PV Anlagen beitragen.

5.8. AP8 – Akzeptanzforschung

Die Akzeptanz erneuerbarer Energien in der Gesellschaft ist ein zentraler Faktor für eine erfolgreiche und nachhaltige Energiewende. Besonders in sensiblen Bereichen wie dem Weinbau spielen neben technischen und wirtschaftlichen Aspekten auch soziale, kulturelle und landschaftsästhetische Belange eine wichtige Rolle. Das Pilotprojekt Viti-PV in Riegel setzt daher von Beginn an auf eine breite Einbindung aller relevanten Akteure, um Akzeptanz zu fördern, Konflikte zu vermeiden und eine nachhaltige Umsetzung zu gewährleisten.

5.8.1 Akzeptanz für erneuerbare Energien

Die gesellschaftliche Akzeptanz ist ein entscheidender Erfolgsfaktor für eine zukunftsfähige und nachhaltige Energiewende. Während ein Teil der Bevölkerung aktiv an den Veränderungen teilnimmt oder diese begrüßt, begegnet ein anderer Teil der Entwicklung mit Skepsis oder Ablehnung. Besonders in sensiblen Kulturlandschaften wie dem Weinbau kann es zu Konflikten kommen – vor allem dann, wenn soziale, kulturelle und landschaftsästhetische Aspekte nicht frühzeitig berücksichtigt werden. Die Diskussion um Agri-Photovoltaik (Agri-PV) geht daher weit über Fragen der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit hinaus.

Laut dem Leitfaden „*Akzeptanz für Erneuerbare Energien*“ werden dezentrale Solaranlagen grundsätzlich positiv bewertet. Kritik richtet sich vor allem gegen großflächige Freiflächenanlagen, insbesondere, wenn sie als Eingriff in das Landschaftsbild oder die landwirtschaftliche Nutzung wahrgenommen werden.

Potenzielle Konfliktfelder im Weinbau:

1. **Flächenbedarf und Nutzungskonkurrenz:** Sorge vor einer „Fehlbelegung“ wertvoller landwirtschaftlicher Flächen.
2. **Landschaftsbild und Tourismus:** Beeinträchtigung des visuellen Erscheinungsbilds in attraktiven und touristisch geprägten Regionen wie Reblandschaften.
3. **Bodenschutz:** Risiken durch Bodenversiegelung oder -schädigung, vor allem beim Rückbau von Anlagen und bei unklarer Verantwortlichkeit für Entsorgungskosten.
4. **Techniksicherheit:** Bedenken hinsichtlich möglicher Brände oder dem Austreten gesundheitsgefährdender Substanzen.

Partizipation als Schlüssel zur Akzeptanz: Ein zentrales Instrument zur Förderung der Akzeptanz ist die Partizipation – also die aktive Einbeziehung betroffener Akteur*innen. Beteiligung stärkt das Vertrauen in das Projekt, erhöht das Verständnis für die (auch ökonomischen) Vorteile und vermittelt ein Gefühl von Mitgestaltung und Gerechtigkeit. Durch unterschiedliche Beteiligungsformen können gemeinsam tragfähige Lösungen entwickelt und Konflikte frühzeitig entschärft werden.

Empfehlenswert ist eine frühzeitige Einbindung folgender Gruppen:

- Bürger*innen vor Ort
- Interessensverbände (z. B. Weinbau-, Umwelt- und Tourismusvereine)
- Verwaltung und Politik
- Projektträger*innen und Entwickler*innen

Grundsätzlich wird zwischen der formellen und informellen Beteiligung unterschieden:

- **Formelle Beteiligung** umfasst gesetzlich vorgeschriebene Verfahren, z. B. im Rahmen von Bauleitplanungen.
- **Informelle Beteiligung** erfolgt freiwillig und kann in allen Projektphasen stattfinden. Sie ist für die Akzeptanz besonders bedeutsam, da sie über die gesetzlichen Mindeststandards hinausgeht und echte Dialogräume schafft.

Tabelle 9: Beteiligungsformen

	Formelle Beteiligung (nach EG Richtlinie EG 2003/35/EG)	Informelle Beteiligung
Wie wird beteiligt?	- per Informationsbereitstellung in Planungsphase - Stellungnahmen vonseiten der Öffentlichkeit möglich, werden bei ausreichender Anzahl von Unterstützern in Planung einbezogen	- breites Spektrum an Möglichkeiten → Beispiele: Planungszellen, Zukunftswerkstätten, Informationsveranstaltungen, regionale Partnerschaften, Agenda 21, zunehmend Energiegenossenschaften
Wo wird beteiligt?	- Genehmigungs- und Planfeststellungsverfahren → z.B. Bauleitplanung (BauGB), Raumordnungsplanung (ROG), Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)	- In allen Prozessschritten möglich → Einbringen von Ideen und Vorstellungen als Ziel
Wer wird beteiligt?	- „Öffentlichkeit“: Betroffene, Interessierte und Verbände (z.B. Vereine und Nichtregierungsorganisationen)	- jeder, der an Beteiligung interessiert ist - Zusammenarbeit von Verwaltungen/Projektplaner und Bürgern oder eigenständige Beteiligung von Bürgern (Beispiel Energiegenossenschaften)

[Quelle: Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk 2017]

Eine weitere Beteiligungsform kann die **finanzielle Teilhabe** sein – etwa über Bürgerenergiegenossenschaften oder Beteiligungsfonds. Dadurch können Menschen auch wirtschaftlich vom Projekt profitieren. Dies fördert sowohl die Identifikation mit der Anlage als auch deren Finanzierung.

Ein hoher Beteiligungsgrad erfordert zwar einen entsprechenden organisatorischen Aufwand, reduziert jedoch nachweislich das Konfliktpotenzial [Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk 2017]. Besonders bei Projekten in sensiblen Landschaftsräumen, wie dem Weinbau, ist ein transparenter und intensiver Beteiligungsprozess zu empfehlen, um langfristige Akzeptanz und Umsetzungssicherheit zu gewährleisten.

5.8.2 Förderung der Akzeptanz für das Pilotprojekt in Riegel

Bereits während der Erstellung der Konzeptstudie und der ersten Projektkontakte wurde deutlich, wie zentral die gesellschaftliche Akzeptanz für eine erfolgreiche Umsetzung des Vorhabens ist. Daher wurde diesem Thema besondere Aufmerksamkeit gewidmet und bereits im Rahmen der Konzeptentwicklung akzeptanzfördernde Maßnahmen umgesetzt.

Zusammenarbeit mit der Gemeinde Riegel und der Politik: Die enge Zusammenarbeit mit der Gemeinde Riegel bildete von Beginn an die Grundlage des Projekts. Bereits in der frühen Planungsphase wurde das Vorhaben dem Bürgermeister sowie der Klimaschutzmanagerin vorgestellt. Erste Fragen konnten geklärt und bestehende Unsicherheiten abgebaut werden. Der kontinuierliche Austausch mit der Verwaltung förderte das gegenseitige Vertrauen und trug wesentlich zur Stabilisierung des Projektverlaufs bei. Im April 2022 wurde der aktuelle Stand des Viti-PV-Projekts dem Gemeinderat präsentiert. Sowohl der Bürgermeister als auch der Gemeinderat stehen dem Vorhaben positiv gegenüber und unterstützen einen baldigen Projektstart.

Zusammenarbeit mit der lokalen Bevölkerung: Auch die Kooperation mit der BürgerEnergie Nördlicher Kaiserstuhl sowie der Bürgerenergiegenossenschaft Heidelberg spielte eine zentrale Rolle. Ziel ist die Errichtung einer Bürgerenergieanlage. Von der Beteiligung möglichst vieler Bürger:innen an der Genossenschaft, wird eine positive Wirkung auf die gesellschaftliche Akzeptanz erwartet.

Zur Information und Sensibilisierung der Bevölkerung fanden verschiedene Veranstaltungen wie (online) Vorträge und ein Klimaspaziergang auf der potenziellen Fläche statt. Diese dienten der frühzeitigen Aufklärung und ebneten den Weg für eine spätere Realisierung. Der konstruktive Austausch trug dazu bei, Unsicherheiten abzubauen und mögliche Risiken in die Konzeptstudie einzuarbeiten und mitzudenken. Begleitend wurde mit Presseartikeln für Transparenz gesorgt, um eine höhere Anzahl von Personen zu erreichen (vgl. Anhang).

Einbindung von Winzer*innen und Flächeneigentümer*innen: Insbesondere für Winzer:innen und Flächeneigentümer:innen ist die Darstellung praktischer Lösungen zur Doppelnutzung der Flächen entscheidend, um die Übertragbarkeit des Projekts zu ermöglichen. Hierzu wurde eine gezielte Online-Veranstaltung in Kooperation mit fesa e.V. durchgeführt. Ziel war es, Vorbehalte abzubauen und die Akzeptanz für die kombinierte Nutzung der Flächen zur Energieerzeugung und landwirtschaftlichen Nutzung zu fördern. Ein besonderer Fokus lag darauf, die konkreten Vorteile für Winzer:innen sichtbar zu machen und gleichzeitig fachliche Rückmeldungen zu berücksichtigen.

Berücksichtigung des Naturschutzes: Ein früher Einbezug des Naturschutzes stellte einen weiteren wichtigen Akzeptanzfaktor dar. Im Herbst 2021 wurde ein Konsultationstreffen mit Vertreter:innen von NABU und BUND auf dem Projektgrundstück durchgeführt. In einer Videokonferenz mit dem NABU-Landesverband Südbaden (15.12.2021) wurde angeregt, die lokale NABU-Kreisgruppe in die Planungen einzubeziehen. Ziel war es, positive Synergien zwischen Naturschutz, Weinbau und erneuerbaren Energien zu schaffen und die Projektfläche als Modellfläche auszugestalten „Weinbau in Einklang mit Naturschutz und Erneuerbaren Energien“.

Zudem wurde eine Kooperation mit dem „Dialogforum Erneuerbare Energien und Naturschutz“ diskutiert, z. B. zur Entwicklung von Informations- und Schulungsmaterial zu Agri-/Viti-PV Anlagen. Das vom Umweltministerium Baden-Württemberg geförderte Projekt unterstützt seit 2012 die naturverträgliche Energiewende [Dialogforum Energiewende und Naturschutz].

Einbindung lokaler Akteure und Forschung: Dank der Lage an der Autobahn und der Nähe zu Forschungseinrichtungen wie dem Fraunhofer ISE, dem WBI und dem LBZ ist Riegel als Standort für eine Viti-PV-Demonstrationsanlage besonders geeignet. Die Projektfläche in der Nähe der Michaelskapelle eignet sich zudem für eine Akzeptanzforschung mit Fokus auf den Tourismus. Diesbezüglich wurde mit den Forschungseinrichtungen Kontakt aufgenommen und mögliche Synergien besprochen.

Pilotcharakter Anlagenplanung: Die geplante Pilotanlage in Riegel mit kleinparzelligen Flächen und verschiedenen Anlagentypen kann als Beispiel für nachfolgende Projekte dienen. Ein erfolgreicher Betrieb wäre ein Beweis für die Praxistauglichkeit auch auf kleinen Flächen. „Small is beautiful“ lautet hier das Leitmotiv, um Nutzungskonflikte zu vermeiden. Eine großflächige „Überdachung“ der Landschaft würde womöglich auf Ablehnung stoßen. Deshalb braucht es sensible, lokal angepasste Lösungen, um das Viti-PV-Konzept regional wie überregional zu etablieren.

Begleitendes Bildungsprojekt: Zur weiteren Steigerung der Akzeptanz wurde ein begleitendes Bildungsprojekt mitgedacht. Gespräche mit dem Verein Solare Zukunft e.V. aus Freiburg wurden hierzu bereits geführt. Ziel ist es, das Thema nachhaltige Energieversorgung auf verschiedenen Bildungsebenen zu vermitteln. Denkbar ist ein Umweltbildungsstandort „Viti-PV Real-Labor“ an der Pilotanlage, ergänzt durch außerschulische Angebote für Schulen, Winzer:innen, Bürger:innen und Tourist:innen. Zusätzlich ist der Standort des Projektes bestens für ein Bildungsprojekt geeignet. Die Grundschule Michaelsberg liegt in 200 m Luftlinie Entfernung zum Projektstandort. Die Michaelskapelle war bereits früher ein Ausflugsort für Schulklassen und ist heute ein beliebtes Ausflugsziel für lokale Spaziergänger und Naherholungssuchende. Eine Einrichtung eines Umweltbildungsstandortes “Viti-PV Real-Labor” bietet eine ideale Möglichkeit, das Thema “Agri-PV im Weinberg” im Besonderen sowie Agri-PV im Allgemeinen vorzustellen und gleichzeitig die Notwendigkeit des beschleunigten Ausbaus von erneuerbaren Energien im Rahmen der Jugend- und Erwachsenenbildung erfahrbar zu machen. Zielgruppen sind Schüler:innen und Jugendliche, die lokale Bevölkerung und Naherholungssuchende. Indirekt könnte die Gemeinde Riegel als innovative und ökologisch orientierte Kommune mit diesem Vorzeigeprojekt Signalwirkung in der Region und überregional auslösen und so aufzeigen, dass auch kleine Kommunen einen wirksamen und nachhaltigen Beitrag zum Klimaschutz leisten können.

Übersicht der Akteure

<p>Bürgermeister, Gemeinderat, Klimaschutzmanagerin</p> 	<p>Innovationsfonds für Klima- und Wasserschutz</p>  <p>badenova Wärme Plus</p> 	<p>Landkreis Emmendingen</p>  <p>Landkreis Emmendingen</p> <p>Wirtschaftsförderungsgesellschaft</p> 
<p>Winzer:innen und Flächeneigentümer:innen</p> 	<p>BürgerEnergie Kaiserstuhl (BEKA)</p> 	<p>NABU</p> 

Institut für Solare Energiesysteme (ISE)



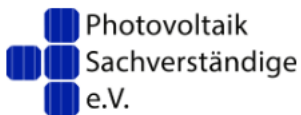
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



Land Baden-Württemberg



PV Sachverständige e.V.



Heidelberger Energiegenossenschaft (HEG)



Solar Zukunft e.V.



Lokale Bürgerschaft

Whailex – WAGNER GMBH
Hydraulik + Antrieb



BUND



INTECH GmbH & Co. KG



Fazit für Riegel

Für das Ergebnis der Konzeptstudie war die frühe Einbindung der Bevölkerung essentiell, um kritische Rückfragen zu klären und die Gedanken der Bürger:innen in das Projektvorhaben aufzunehmen. Der Input der Bevölkerung hat dem Projektteam neue Aspekte aufgezeigt, die sofort berücksichtigt werden konnten. Gerade bei einem innovativen Projekt wie diesem ist eine breite gesellschaftliche Akzeptanz von großer Bedeutung. Denn je höher die Akzeptanz ist, desto eher kann mit einem zügigen Bau und zukünftigen Ausbau gerechnet werden.

5.9. AP9 – Wirtschaftlichkeitsberechnung

Mit der Errichtung einer Viti-PV Anlage auf der Traubenproduktionsfläche eines Kleinwinzers sind erhebliche Herausforderungen für den Flächenbesitzer verbunden. Bereits in der frühen Phase der Projektentwicklung war absehbar, dass Anforderungen hinsichtlich Genehmigung und Finanzierung der Pilotanlage durch einen Kleinwinzer alleine nicht zu stemmen sein würden. Es wurde daher schon früh Kontakt mit der (damaligen) lokalen Bürgerenergiegenossenschaft Endingen (BEGE) aufgenommen, welche reges Interesse an der Entwicklung eines neuen Geschäftsmodells *Agri-PV im Weinbau* zeigte.

Bei einer Viti-PV Anlage ist es wichtig zwischen mindestens vier Funktionsbereichen zu unterscheiden. In der in Riegel bestehenden Akteurskonstellation zwischen Kleinwinzer und Bürgerenergiegenossenschaft wurden dabei bereits in der Konzeptionsphase einzelne Funktionen gezielt zugeordnet:

- Bereitstellung der Fläche (Flächeneigentümer / Kleinwinzer)
- Landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Fläche (Flächeneigentümer / Kleinwinzer)
- Bereitstellung des PV-Systems (Eigentümerschaft / Investment)
- Betrieb des PV-Systems

Damit die Entwicklung einer Pilot-Viti-PV Anlage im Weinbau in Riegel möglichst hohe Akzeptanz in der Bevölkerung findet, war es dem Projektteam wichtig für eine offene Kommunikation zu sorgen und idealerweise der Bürgerschaft auch Beteiligungsmöglichkeiten zu eröffnen. Tendenziell werden Projekte im Bereich erneuerbarer Energien positiver aufgenommen, wenn es zu einer lokalen Wertschöpfung kommt [Scharf / Grieb / Fritz 2021; Gerhards 2022]. Mit der Entscheidung für eine Zusammenarbeit mit der BEGE wurde bewusst eine Möglichkeit geschaffen, dass Winzer:innen / Bürger:innen sich an der Entwicklung einer innovativen Grünstromerzeugungsanlage beteiligen können und somit am Ausbau erneuerbarer Energien mit Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele in Riegel aktiv partizipieren können. Aus vielen Praxisbeispielen bekannt und in wissenschaftlichen Untersuchungen gut dokumentiert ist die Tatsache, dass genossenschaftliche Energieprojekte / Energiegemeinschaften (energy communities) als inklusiver Bestandteil der Energiewende öffentliche Akzeptanz erhöhen, Investitionslücken füllen können und eine bessere Teilhabe erlauben [Broska et. al. 2022; Elías 2023; Radtke 2025].

Die BEGE wurde 2012 als Stromerzeugungsgenossenschaft gegründet, besaß 2022 69 Genossenschaftsmitglieder:innen und verfügte über eine Bilanzsumme von 150.000 Euro. Die Gemeinde Riegel und die BEGE haben während der Erstellung des Klimaschutzkonzeptes von Riegel Gespräche darüber geführt, dass sich die BEGE an der Entwicklung von erneuerbaren Energien in Riegel beteiligt. Riegel als kleine Gemeinde hat einen begrenzten Haushalt, so dass sich die Kooperation mit einer Bürgerenergiegenossenschaft anbietet, welche die zum Ausbau von lokal erzeugten erneuerbaren Energien erforderlichen Investitionsmittel vornehmlich über Bürgerkapital zur Verfügung stellt. Es wird damit gerechnet, dass der zügige Ausbau lokaler erneuerbarer Energien umso besser gelingt, je höher die Akzeptanz und eine Bürgerbeteiligung gegeben ist [Seitz 2022].

2023 erfolgte eine strategische Umstrukturierung der BEGE in einer regionalen Dachgenossenschaft und damit verbunden eine Umbenennung in *Bürgerenergiegenossenschaft Kaiserstuhl* (BEKA). Dies erlaubt Bürger:innen in anderen Ortschaften am Kaiserstuhl sich am Ausbau von erneuerbaren Energien zu beteiligen ohne selbst eine Genossenschaft gründen zu müssen. Aktive Mitglieder der BEKA

engagieren sich in Ortsgruppen in mittlerweile fünf Kaiserstuhlgemeinden und unterstützen den Vorstand bei der Identifizierung und Entwicklung potentieller erneuerbare Energien Projekte auch im Bereich von Agri-PV Anlagen [WZO 2025]. Erste erfolgreiche PV-Projekte mit Unterstützung der BEKA in Riegel konnte mit der Installation von PV-Aufdachanlagen auf dem Bauhof 2023 [Bürgerenergie Kaiserstuhl eG 2023] und dem Rathaus 2024 [Badische Zeitung 2023] realisiert werden.

Die Entwicklung von Agri-PV Anlagen im Weinbau hat in den letzten Jahren wachsendes Interesse bei den Winzer:innen und der Bürgerschaft am Kaiserstuhl erzeugt. Es interessiert die Bevölkerung, welchen Nutzen diese Anlagen haben können, ob der angestrebte Nutzen erreicht wird und ob die Anlagen wirtschaftlich erfolgreich betrieben werden können. Im Idealfall wird die Viti-PV Anlage zu einem unmittelbar erlebbar Ort der kombinierten Trauben- und Energieproduktion, mit der sich die Bevölkerung vor Ort identifiziert und die auch das Interesse am Weinbau wieder positiv stimuliert. Das Motto „Klimaschutz ist Gemeinschaftsaufgabe“ soll am Beispiel dieses Projektes direkt für die Riegeler Bevölkerung erlebbar gemacht werden.

Mit der BEGE wurden erste Wirtschaftlichkeitsberechnungen in Bezug auf die geplante Viti-PV Anlage im Zeitraum 2021 / 2022 unternommen. Im Folgenden werden zunächst die Optionen der Stromvergütung und möglichen Veräußerungsformen dargestellt, um eine Übersicht über die Einnahmenseite zu erhalten. Anschließend werden die Grundannahmen bei der Kostenermittlung erläutert und zuletzt eine erste Wirtschaftlichkeitsberechnung vorgestellt.

5.9.1 Optionen der Stromvergütung

Das deutsche *Erneuerbare-Energien-Gesetz* regelt die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien ins Stromnetz und garantiert deren Erzeugern feste Einspeisevergütungen (EEG 2023). Agri-PV Anlagen können entweder durch das EEG gefördert werden oder an der sonstigen Direktvermarktung teilnehmen. Die Anlagenbetreibenden sind dabei nach §21b Abs. 1 EEG 2023 verpflichtet, die Anlage einer Veräußerungsform zuzuordnen. Nach §25 EEG 2023 wird die Förderungszahlung mit einer Dauer von 20 Jahren ausgezahlt. Die Höhe der Einspeisevergütung ist dabei von folgenden Punkten abhängig:

- **Zeitpunkt der Inbetriebnahme der PV-Anlage:** Die Einspeisevergütung für PV-Anlagen, die neu installiert werden sinkt alle 6 Monate um jeweils 1% und zwar am 1. Februar und am 1. August
- **Höhe der installierten Leistung:** Die Einspeisevergütung berechnet sich anteilig aus den verschiedenen Leistungsbereichen
- **Nutzung eines Eigenverbrauchs:** Es wird zwischen Anlagen mit Volleinspeisung und Überschusseinspeisung unterschieden
- **Vermarktungsart:** Anlagen über 100 kWp müssen an der Direktvermarktung (Marktprämienmodell) teilnehmen. Die erreichbaren Erlöse orientieren sich dabei am „anzulegenden Wert“, welcher durch das EEG 2023 §48 festgelegt wird.

Die nachfolgende Tabelle 10 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Veräußerungsformen, ihren Anforderungen und Vergütungsformen.

Tabelle 10: Vergütungsform und Anforderungen PV-Anlagen

Anlagen- größe	Vermarktungsform	Anforderungen	Vergütungsform
bis 100 kWp	Feste Einspeisevergütung (§21 Abs. 1 Nr. 2; §48 EEG 2023)	Anforderungen nach EEG müssen erfüllt sein	Feste Einspeisevergütung nach EEG
über 100 1.000 kWp	Geförderte Direktvermarktung mit Marktprämie – nicht aus- schreibungspflichtig (§21 Abs. 1 Nr. 1 ; §48 EEG 2023)	Anforderungen nach EEG müssen erfüllt sein	Marktprämie – Dienstleistungsent- gelt des Direktvermarkters + Marktprämie Marktprämie = anzulegender Wert - Jahresmarktwert
über 1.000 kWp - 20 MWp	Geförderte Direktvermarktung mit Marktprämie – ausschrei- bungspflichtig (§21b Abs. 1 Nr. 1 ; §37 EEG 2023)	Anforderungen nach EEG müssen erfüllt sein	Marktprämie – Dienstleistungsent- gelt des Direktvermarkters + Marktprämie Marktprämie = anzulegender Wert – Jahresmarktwert Technologieprämie bei horizontal aufgeständerten Anlagen mit einer lichten Höhe von min. 2,1 m
über 20 MWp	Sonstige Direktvermarktung (§21a EEG 2023)	Anforderungen nach EEG müssen nicht er- füllt sein und Her- kunftsnachweise wer- den meist benötigt	Vereinbartes Entgelt mit dem Di- rektvermarkter oder durch den PPA

[Quelle: Riemer 2023]

Die geplante Viti-PV Anlage auf dem Michaelsberg hat eine potentielle Leistung zwischen 76 - 105 kWp. Die Leistungsbandbreite ergibt sich aus der Art unterschiedlicher Modultypen bzw. Transparenzgrade bei gleicher Anlagengröße. Somit kann die Agri-PV Anlage, welche nach §48 Abs. 1 Nummer 5b EEG 2023 zu den besonderen Anlagen zählt, je nach ausgewählter Modulleistung wahlweise zwei Anlagengrößenklassen zugeordnet werden:

- a. Anlagen unter 100 kWp erhalten eine feste Einspeisevergütung, welche nach §53 Abs.1 EEG 2023 0,4 ct/kWh unter dem „anzulegenden Wert“ des Marktprämienmodells liegt.
- b. Anlagen zw. 100 kWp und 1000 kWp sind nicht ausschreibungspflichtig und erhalten eine geförderte Direktvermarktung mit Marktprämie.

Als gesetzliche Einspeisevergütung wurde für PV-Freiflächenanlagen (Volleinspeisung) unter 100 kWp bei den 2022 durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen 7 ct/kWh zugrunde gelegt [§48 EEG 2023]. In der Zwischenzeit haben sich die gesetzlichen Rahmenbedingungen mit der Einführung des Solarpaket I für Agri-PV Anlagen geändert, wie z.B. die Einführung eines zusätzlichen Technologiebonus, der jedoch aufgrund ausstehender Genehmigung im EU-Beihilferecht noch nicht rechtsgültig ist (vgl. Kapitel 5.2).

Sowohl bei der festen Einspeisevergütung als auch bei der Direktvermarktung mit Marktprämie müssen die gesetzlichen Anforderungen erfüllt sein, um eine Förderung zu erhalten. Das heißt, die geplante Anlage muss in einem EEG-Gebiet liegen (vgl. Kapitel 5.2). Weiterhin besteht die Möglichkeit, auf einen Verkauf zu verzichten und den Strom selbst zu nutzen (Eigenverbrauchsnutzung). Es gibt zusätzlich noch die Möglichkeit, dass der Anlagenbetreiber eine Vereinbarung mit Dritten trifft und den Strom direkt an diesen veräußert, ohne ihn vorher ins öffentliche Netz einzuspeisen. Diese Möglichkeit wird als *Power-Purchase-Agreement (PPA)* bezeichnet.

Um die möglichen Erlöse durch die Einspeisung des Stroms zu ermitteln, muss eine Veräußerungsform gewählt werden. Bei der festen Einspeisevergütung und der geförderten Direktvermarktung mit Anlagen unter 1 MWp wird der anzulegende Wert dem §48 EEG 2023 entnommen.

5.9.2 Konzeptionelle Überlegungen hinsichtlich Veräußerungsformen und Betreibermodell

Wesentliche Faktoren für die Wirtschaftlichkeit einer Agri-PV Anlage im Allgemeinen sind Investitionskosten, Unterhaltskosten und Erlöse aus dem Stromverkauf (evtl. variabel über den Tag). Der Standort und die Nutzung am Standort beeinflussen alle drei Faktoren.

Im Rahmen der Konzeptionsphase für die Entwicklung einer Viti-PV Pilotanlage in Riegel war es ein wichtiges Anliegen bereits frühzeitig Erkenntnisse hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit zu erlangen. Für die Winzerschaft ist es von hoher Bedeutung, ob eine Viti-PV Anlage wirtschaftlich zu betreiben ist und der Betrieb eine zusätzliche Möglichkeit für Winzerbetriebe darstellt, die Einkommenssituation zu verbessern. Auch für die beteiligte Bürgerenergiegenossenschaft (damals) BEGE war es ein wichtiger Aspekt, ob sich mit einer Beteiligung an der geplanten Versuchsanlage eine positive Rendite erzielen lässt oder zumindest eine „schwarze Null“ zu erwarten ist. Andernfalls wäre eine Beteiligung der Bürgerenergiegenossenschaft genossenschaftsrechtlich gar nicht möglich.

Ein weiterer wichtiger Aspekt in Zusammenarbeit mit der Bürgerenergiegenossenschaft und der Gemeinde Riegel war es konzeptionelle Überlegungen anzustellen, ob und unter welchen Rahmenbedingungen es möglich sein könnte, den von der Viti-PV Anlage erzeugten Grünstrom lokal und gemeinwohlorientiert zu nutzen. Energieproduzentengenossenschaften wie die BEGE werden bisher durch falsche Anreize und fehlende begleitende rechtliche und steuerliche Maßnahmen daran gehindert, zukunftsweisendere Genossenschaftslösungen umzusetzen. Diese speisen hochwertigen ökologisch erzeugten Strom ins Netz ein. Dieser wird zu Graustrom und ist damit in seiner besonderen Qualität nicht mehr zu erkennen [Flieger 2024]. Um die Akzeptanz für die Versuchs-Viti-PV Anlage zu erhöhen, wäre es daher förderlich, wenn Besucher:innen der Anlage auch einen örtlichen Zusammenhang zwischen der Erzeugung und Nutzung des Solarstroms herstellen könnten. Folglich ergab sich die Frage, ob es am Standort der Viti-PV Anlage weitere Möglichkeiten gäbe, außer der Direktstromeinspeisung (Volleinspeisung) in das öffentliche Netz, den Strom an einen lokalen Abnehmer zu veräußern und damit die Energiewende vor Ort erlebbarer zu gestalten und gleichzeitig durch den Direktstromverkauf eine bessere Wirtschaftlichkeit für die Viti-PV Anlage zu erzielen.

5.9.3 Potentielle Möglichkeiten der Stromnutzung / Veräußerungsformen am Standort Riegel

In der Anfangsphase der Konzeptentwicklung 2020 – 2021 war das Projektteam in Kooperation mit der lokalen Bürgerenergiegenossenschaft BEGE daher u.a. mit der Prüfung verschiedener Ideen zur Stromnutzung und der Schaffung sowohl höherer Einkünfte durch Stromverkauf als auch an ideellen Mehrwerten befasst. Folgende Varianten wurden geprüft:

Variante I – Einspeisung in das öffentliche Netz

Der erzeugte Strom aus der Viti-PV Anlage wird direkt via einem Netzverknüpfungspunkt in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Der Strom wird über die Einspeisevergütung mit 7ct/kWh vergütet.

Variante II – Stromnutzung für die Wasserversorgung Riegel (Direktstromlieferung)

Durch die Nähe des Hochbehälters und dessen Bedeutung als potentieller Netzeinspeisepunkt bestand bereits früh die Frage, ob es nicht möglich sein würde den erzeugten Grünstrom der Gemeinde Riegel zu vergünstigten Konditionen zur Nutzung zum Betrieb der Wasserversorgung zur Verfügung zu stellen. Die Wasserversorgung in Riegel ist der zweitgrößte Stromverbraucher der Gemeinde Riegel (siehe Abb. 39) mit über 75 MWh Stromverbrauch [bnNETZE GmbH 2021]. Allerdings ist der Stromverbrauch im Hochbehälter selbst marginal. Der größte Anteil des Stroms wird für den Betrieb von zwei Hochleistungspumpen im Pumphaus Riegel benötigt, die Grundwasser fördern und über eine Wasserleitung zum Hochbehälter transportieren (Entfernung ca. 1000 m; Höhenunterschied ca. 60 m). Vom Hochbehälter wird das Wasser dann per Schwerkraft in das Leitungsnetz an die Riegeler Haushalte und sonstigen Anschlussnehmer verteilt.

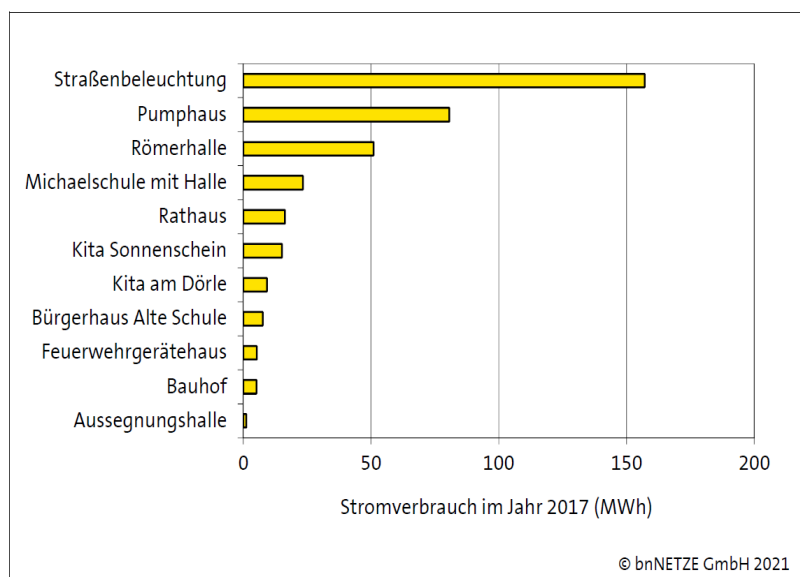


Abbildung 39: Energiepotentialstudie Gemeinde Riegel 2021
[Quelle: bnNETZE GmbH 2021]

Die Lieferung von Grünstrom einer PV-Anlage über eine Direktleitung zu einem benachbarten Grundstück ist möglich, aber rechtlich, technisch und wirtschaftlich komplex und mit einigen Hürden verbunden. Nach den gesetzlichen Bestimmungen des EEG und EnWG müssen dabei jedoch die geltenden Grundsätze für die „Stromlieferung an Dritte“ beachtet werden. Eine Stromlieferung an Dritte (auch Nachbarn) unterliegt grundsätzlich der Regulierung des Energierechts. In EEG §3 Nr. 19 ist der Begriff

der „Eigenversorgung“ wie folgt definiert: „*Eigenversorgung ist die Versorgung mit Strom, den eine natürliche oder juristische Person selbst erzeugt und im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zu der Stromerzeugungsanlage ohne Durchleitung durch ein Netz selbst verbraucht*“ [EEG §3 Nr. 19]. Sobald man den Strom nicht selbst verbraucht wird man in der Regel zum Energieversorger im Sinne des EnWG – mit zahlreichen Pflichten (z. B. Netzentgelte, Stromsteuer, EEG-Umlage, Bilanzierung etc.). Eine Möglichkeit der Stromlieferung über Grundstücksgrenzen hinweg besteht in Form eines „Direktbelieferungsmodells mit Direktleitung“ (nicht über das öffentliche Netz, sondern per eigener Leitung). Im Falle, dass die aus Gründen der räumlichen Nähe bevorzugte Möglichkeit der Netzeinspeisung am Hochbehälter gegeben wäre, wäre es theoretisch denkbar, dass die Gemeinde Riegel über diese Direktleitung Grünstrom aus der Viti-PV Anlage zur Deckung des Betriebsstroms des Hochbehälters über einen Direktstromliefervertrag bezieht. Theoretisch wäre es möglich, dass die BEGE in diesem Fall die PV-Anlage an die Gemeinde Riegel verpachtet und die Gemeinde Riegel als Anlagenbetreiber sich selbst über die Direktleitung mit Strom beliefert – aber bei dem marginalen Stromverbrauch im Hochbehälter käme die Umsetzung beider Varianten einer Volleinspeisung gleich und wäre auch aus anderen Gründen nicht praktikabel.

Es kam die Frage auf, ob es dem Anlagenbetreiber der Solaranlage möglich wäre die zwei Hochleistungspumpen in 800 m Luftlinie entfernten Pumpenhaus mit günstigem Grünstrom aus der Viti-PV Anlage zu versorgen. Augenscheinlich eine Win-Win-Situation. Jedoch nur, wenn dafür nicht die Durchleitung durch das öffentliche Netz erforderlich werden würde. Das „Direktbelieferungsmodell mit Direktleitung“ ist nämlich nur möglich zur Versorgung eines Abnehmers auf einem Grundstück, dass sich in „räumlicher Nähe“ der Erzeugungsanlage befindet. Vom Hochbehälter müsste der Strom jedoch über das öffentliche Netz zum Pumpenhaus weitergeleitet werden. Dies wäre zwar auch möglich über eine virtuelle Lieferung (Bilanzkreismodell, PPA) unter Einschaltung eines Direktvermarkters. Bei einer Nutzung des öffentlichen Netzes fallen jedoch Netzentgelte, Stromsteuer, EEG-Umlage an sodass diese Variante rechtlich und wirtschaftlich auch keine praktikable Lösung darstellt.

Aus dieser Erkenntnis heraus entstand jedoch ein „Spin-off“, nämlich die Idee eine weitere Agri-PV Anlage auf einer in unmittelbarer Nähe des Pumpenhauses gelegenen gemeindeeigenen Fläche zu erstellen und damit das Pumpenhaus durch Direktstromlieferung mit Grünstrom zu versorgen. Da dieser Standort in unmittelbarer Nähe der Autobahn A 5 liegt hat diese Fläche den Vorteil auf einer nach §35 Abs. 8 „privilegierten EEG-Fläche“ zur Errichtung besondere PV-Anlagen zu liegen. Unter der Führung des damaligen BEGE Vorstandes wurde diese Idee aufgegriffen. Derzeit ist die Bürgerenergiegenossenschaft dabei die letzten rechtlichen Hürden für eine Genehmigung zu klären. Wenn diese Hürden genommen sind, dann steht einer Umsetzung dieses „Spin-Off“-Projektes nichts mehr im Wege und die Gemeinde Riegel könnte ein weiteres Mal Ihre Vorreiterrolle in Form eines innovativen Energiewendeprojektes darstellen, dass eine Teilhabe der Bürgerschaft an der Energiewende / Klimaschutz ermöglicht.

Variante III – Versorgung der Michaelsschule (Direktstromlieferung)

Im Oktober 2021 erhielten das Projektteam die Antwort auf die Netzanschlussanfrage von dem zuständigen Netzbetreiber. In dieser wurde ein Netzverknüpfungspunkt unterhalb der Michaelsschule Riegel an einer Trafostation am Drollberg zugewiesen (siehe Kapitel 5.1.5.). Die damit verbundene Verlegung eines Erdkabels zwischen PV-Pilotanlage und der zugewiesenen Trafostation auf ca. 320 m Entfernung, wäre mit zusätzlichen Kosten im hohen fünfstelligen Bereich verbunden, was sich natürlich detrimental

auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes auswirken würde. Aus der Not heraus befassten sich das Projektteam mit der Fragestellung, ob der von der Viti-PV-Anlage Riegel erzeugte Grünstrom nicht zur Stromversorgung der Michaelsschule eingesetzt werden könnte. Die Anforderung des Netzbetreibers lautete eine eigene Leitung zu einem in unmittelbarer Nähe der Michaelsschule gelegenen Trafostation zu verlegen. Deshalb bestünde theoretisch auch die Möglichkeit zur Stromlieferung an die Schule via eines „Direktbelieferungsmodell mit Direktleitung“. Immerhin ist die Michaelsschule mit Halle in Riegel der viertgrößte Stromverbraucher mit ca. 25000 kWh/a (siehe Abb. 39).

Allerdings wurde nach weiteren Überlegungen schnell klar, dass:

- a) eine ungünstige Laststromverteilung,
- b) eine signifikante Reduzierung der Stromabnahme während der Ferienzeiten und
- c) eine insgesamt zu geringe Stromabnahme

eine wenig attraktive Grundlage für eine Direktstromlieferung wäre.

Variante IV – Versorgung Brauerei-Lofts Riegel (Direktstromlieferung)

Als dritte Variante untersuchten das Projektteam die Möglichkeit die in räumliche Nähe unterhalb des nördlichen Steilhangs gelegene RIEGELER Lofts[®] mit Grünstrom von der Viti-PV Anlage Riegel zu versorgen. Am Fuße des Michaelsberges direkt unterhalb der Projektflächen befindet sich an der Elz der Gebäudekomplex der ehemalige Riegler Brauerei mit Felsenkeller. In dem restaurierten und durch moderne Lofts erweiterten Ensemble ist heute auch die Kunsthalle Messmer untergebracht. Sowohl die Kunsthalle als auch die Lofts und die kleine Hausbrauerei Römerbräu, die seit 2006 Räumlichkeiten der alten Brauerei nutzt, kommen als Stromabnehmer in Frage.

Die badenovaWÄRMEPLUS GmbH & Co. KG betreibt eine Großwärmepumpe für die Warmwasser- und Heizungsversorgung der Wohneinheiten in den RIEGELER Lofts[®]. Erste Gespräche wurden mit einem Vertreter des Führungspersonals 2020 geführt, mit dem Resultat eines Unterstützungsschreibens für die erste Ausschreibungsrunde an dem von Landkreis Emmendingen angestoßenen Forschungsprojekt „Weinbau 4.0“ im Rahmen des Landeswettbewerbs RegioWIN 2030. Im Rahmen der initialen Gespräche und des Unterstützungsbriefes wurde seitens der badenovaWÄRMEPLUS Interesse bekundet, den auf in der Nähe des Geländes der RIEGELER Lofts[®] liegenden Rebflächen erzeugten Viti-PV Strom zur Grünstromversorgung der Großwärmepumpe zu nutzen. Diese Variante bietet viele interessante Perspektiven u.a.:

- Eine höhere Vergütung für den PV-Solarstromerzeugung im Direktstromverkauf zu erlangen und somit einen Beitrag zur Umsetzung eines wichtigen Forschungsvorhabens der Energiewende und zur Wirtschaftlichkeit der Viti-PV Weinbau Versuchsanlage zu leisten.
- Die Möglichkeit einen Beitrag zur Akzeptanzsteigerung zu leisten, indem Bürger:innen im Rahmen der begleitenden Öffentlichkeitsarbeit den unmittelbaren Nutzen der Grünstromerzeugung und seiner Verwendung bei der Umsetzung der Wärmewende (Sektorenkopplung) informiert werden würden.
- Die Gemeinde Riegel zu unterstützen beim Erreichen Ihrer Ausbauziele für erneuerbare Energien und der Reduzierung der lokalen Treibhausgasemissionen.
- Erste Erfahrungen zu sammeln, ob es Möglichkeiten gibt zur Umsetzung der auf EU-Ebene beschlossenen gesetzlichen Umsetzung von Prosumer-Energiegemeinschaften / Energy Sharing in Kooperation mit den beteiligten Bürgerenergiegenossenschaften, um im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit auf die Vorbildrolle der badenovaWÄRMEPLUS aufmerksam zu machen.

Auch in dieser Variante wäre die Verlegung eines Erdkabels zwischen der Viti-PV Stromerzeugungsanlage und der Stromversorgungszentrale der RIEGELER Lofts® eine Voraussetzung für ein Direktbelieferungsmodell. Eine mögliche Trassenführung für die Verlegung eines Erdkabels wurde von Mitarbeitern der badenovaWÄRMEPLUS im Dezember 2021 ausgearbeitet (siehe Abb. 40). Die Weglänge beträgt lt. Zeichnung ca. 168 m wobei zusätzlich noch ein Höhenunterschied von ca. 40 m für die Verlegung entlang des Steilhangs eingerechnet werden muss. Bei einem Treffen mit der Hausverwaltung, Vertretern von badenovaWÄRMEPLUS, der Bürgerenergiegenossenschaft und einem spezialisierten Elektrounternehmen aus der Region, wurden die Möglichkeiten eines Stromanschlusses in der Heizzentrale untersucht, Zähleranschlussmöglichkeiten für weiteren Anschlüsse für Allgemeinstrom / Mieterstrom geprüft und ein Messtellenkonzept besprochen. Weiterhin wurde ein Kostenvoranschlag für die Verlegung des Erdkabels, Zähleranschlüsse und die notwendigen baulichen Änderungen für einen Stromanschluss einer Direktstromleitung eingeholt.

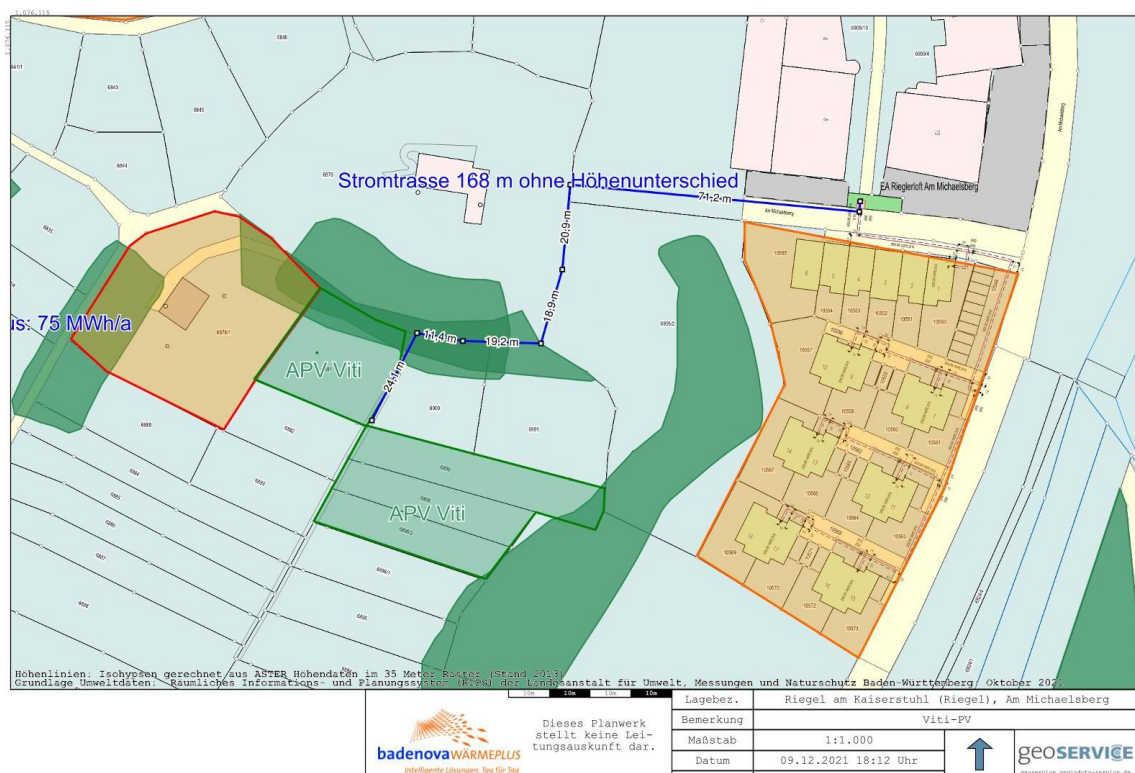


Abbildung 40: Vorschlag der Leitungsführung von der Viti-PV Anlage zur Heizwärmezentrale RIEGELER Lofts® [Quelle: badenovaWÄRMEPLUS 2021]

Die Stromlieferung kann im Rahmen eines privatrechtlichen Stromvertrags (PPA – Power Purchase Agreement) zwischen dem Anlagenbetreiber (Bürgerenergiegenossenschaft) und der badenovaWÄRMEPLUS erfolgen. Bei einem PPA wird der Strom in einer bestimmten Menge und über einen festgelegten Zeitraum direkt an einen Abnehmer verkauft.

Eine Direktstromlieferung via PPA ist grundsätzlich in einem Umkreis von 5 km möglich. Der PPA Vertrag muss spezifisch ausgestaltet sein. Wichtig ist es im Vorfeld den Lastgang der Großwärmepumpe zu prüfen. Die Großwärmepumpe verbraucht am meisten Strom im Winter, wenn die Solarstromerzeugung am niedrigsten ist. Der Vorteil dieses Modells besteht u.a. in der Einsparung von Netzentgelten. Auch können höhere Stromerlöse erzielt werden im Vergleich zur derzeitigen Einspeisevergütung, die in ihrer jetzigen Ausgestaltung ohne den in Aussicht gestellten Technologiebonus für viele Agri-PV

Projekte zu niedrig ist, um eine Wirtschaftlichkeit zu erzielen [Enkhardt 2025b]. Weitere Vorteile aus der Sicht des Viti-PV Anlagenbetreibers sind Planungssicherheit durch langfristige Abnahme sowie keine Abhängigkeit vom EEG. Im Rahmen der sonstigen Direktvermarktung [§21a EEG 2023] erhält der Anlagenbetreiber keine Förderung nach dem EEG und die Anforderungen für eine finanzielle Förderung aus dem EEG müssen demnach auch nicht erfüllt sein.

Die Großwärmepumpe in den RIEGELER Lofts[®] hat einen Gesamtstrombedarf in Höhe von ca. 2/3 der Erzeugungskapazität der geplanten Viti-PV Anlage. Diese Reststrommenge muss anderweitig vermarktet werden z.B. durch den Verkauf an einen Direktvermarkter. Die Reststrommenge kann beispielsweise genutzt werden zur Versorgung der RIEGELER Lofts[®] mit Allgemeinstrom, zur Versorgung einzelner Bewohner:innen oder an andere Stromabnehmer:innen.

Variante V – Direktvermarktung

Eine weitere Möglichkeit der Veräußerungsform, des von der Viti-PV erzeugten Grünstroms, wäre die Stromvermarktung über einen Direktvermarkter. Eine Direktvermarktung ist möglich bei PV-Erzeugungsanlagen zwischen 100 – 1000 kWp (siehe Tab. 10). Bei der Erstausslegung der Viti PV-Anlage Riegel wurde eine Erzeugungskapazität von ca. 76 kWp zugrunde gelegt. Es wäre möglich die Anlagenkapazität zu erhöhen durch die Verwendung leistungsfähigerer Module oder Module mit größeren Abmessungen.

Da die lokale Bürgerenergiegenossenschaft BEGE als potentieller Betreiber der Viti-PV Riegel nur als Stromerzeugungsgenossenschaft organisiert war, war es naheliegend sich auf die Suche nach einem weiteren möglichen Partner in Form einer Erzeuger-Verbraucher-Genossenschaft zu begeben. Erzeuger-Verbraucher-Genossenschaften treten als Phänomen verstärkter auf, aufgrund der veränderten EEG-Bedingungen. Da bei den neuen EE-Erzeugungsanlagen möglichst viel des erzeugten Stroms entweder in die Direktvermarktung unter Nutzung der Marktprämie oder unter die Eigennutzung fällt [Flieger 2024]. Einer der bekanntesten Vertreter sind die *Bürgerwerke Heidelberg*. Diese stellen eine attraktive Möglichkeit für Betreiber von erneuerbare-Energien-Anlagen dar, die ihren Strom bewusst nicht anonym an der Börse, sondern über bürgernahe Strukturen direkt vermarkten möchten.

Die Bürgerwerke eG (Heidelberg) ist ein bundesweiter Zusammenschluss von mittlerweile 125 Energiegenossenschaften mit Sitz in Heidelberg. Bei der Gründungsveranstaltung im Dezember 2013 schlossen sich neun Energiegenossenschaften im Verbund der Bürgerwerke zusammen mit der Zielsetzung, Ökostrom gemeinschaftlich zu verkaufen (siehe Abb. 41). Damit wurde ein wichtiger Meilenstein vollzogen von reinen Stromerzeugungsgenossenschaften hin zu einer Erzeuger-Verbraucher Genossenschaft. Die Bürgerwerke eG ist als Dachgenossenschaft für Energiegenossenschaften organisiert, welche über die Mitgliedschaft bei den Bürgerwerken nun die Möglichkeit haben Strom auch selbst zu verkaufen und sich somit ein weiteres wirtschaftliches Standbein zu verschaffen [Bürgerwerke eG o.J.].

Energieprosumergenossenschaft

Erzeuger-Verbraucher-Ansatz

Stromproduzenten Stromverbraucher



- | | | |
|---------------------|----------------|--------------------------------|
| • Direktvermarktung | • Marktplatz | • aus ihrer Region |
| • Administration | • Bilanzierung | • Teilhabe an der Energiewende |
| • Prognose | • Steuerung | • volle Transparenz |
| • Optimierung | • Austausch | • zu fairen Preisen |

*Abbildung 41: Erzeuger-Verbraucher-Genossenschaft
[Quelle: Flieger 2024]*

Über die Mitgliedschaft bei den Bürgerwerken haben Energiegenossenschaften die Möglichkeit direkten Ökostrombetrieb an die Endkunden, Direktvermarktung von EEG-Strom und PPA-Modelle anzubieten. Bei der Suche nach einer weiteren geeigneten Partnergenossenschaft für die Entwicklung der Viti-PV Anlage Riegel, welche Mitglied bei den Bürgerwerken und damit in der Lage ist, die Direktvermarktung von EEG-Strom zu übernehmen, fiel die Wahl auf die Heidelberger Energiegenossenschaft (HEG). Bei den Sondierungsgesprächen mit Vertretern der HEG konnte schnell gegenseitiges Interesse an der gemeinsamen Entwicklung einer Viti-PV Anlage in Riegel gefunden werden. Der HEG bot sich die Möglichkeit zur Mitwirkung eines Pilotvorhabens im Bereich Agri-PV, umgekehrt freute sich das Projektteam vor Ort inkl. der lokalen Bürgergenossenschaft BEGE über zusätzliche Kompetenzen, größere Finanzkraft, verbesserte Risikoverteilung und der Möglichkeit des Zugangs zur Direktvermarktung. Zum Zeitpunkt der Sondierungsgespräche 2022 hatte die HEG über 1.050 Genossenschaftsmitglieder:innen, ein Anlagevermögen von 7 Mio. Euro und verfügte über ein Projekt-Portfolio von 37 selbst errichteten Solarstromanlagen.

Mit der HEG als Partner wäre nun auch die Möglichkeit gegeben, den in der Viti-PV Anlage erzeugten Grüntrom über die HEG als Direktvermarkter zu verkaufen z.B. an die Gemeinde Riegel, oder für die Nutzung des verbleibenden Reststroms, der nicht über Direktstromverkauf zur Nahwärmeversorgung zu veräußern ist, als Haushaltsstrom oder Mieterstrom in den RIEGELER Lofts®.

Eine Voraussetzung für die Vermarktung von Direktstrom bei Agri-PV Anlagen ist eine Anlagengröße von > 100 kWp, die – wie bereits ausgeführt – bei der Viti-PV Anlage Riegel durch eine entsprechende Modifizierung der Modulkonfiguration zu erreichen wäre. Bei der Direktvermarktung wird zusätzlich

zu den Erlösen des verkauften Stroms die Marktprämie ausgezahlt, wenn der am Markt erzielte Strompreis für eine bestimmte Zeit unter dem anzulegenden Wert liegt. Liegt der Marktpreis dagegen über dem anzulegenden Wert, wird keine Marktprämie ausgezahlt. Durch diese einseitig gleitende Marktprämie ist für den Anlagenbetreiber:innen eine Mindestvergütung gesichert [Haucap et al. 2022].

Eine Übersicht und Bewertung hinsichtlich der möglichen Stromnutzung und Veräußerungsformen der Viti-PV Anlage auf dem Michaelsberg bietet die Tabelle 11. Diese Veräußerungsformen ergeben sich aufgrund der Standortbedingungen, der Notwendigkeit zur Verlegung zu möglichen Netzeinspeisepunkten und Stromabnehmern sowie den Kooperationsangeboten von Unterstützern wie z.B. der badenovaWÄRMEPLUS und der Heidelberger Energiegenossenschaft (HEG).

Tabelle 11: Übersicht über mögliche Stromnutzungsmöglichkeiten und Veräußerungsformen Viti-PV-Riegel

Stromnutzung	Abnehmer	Veräußerungsform	Bemerkungen	
Volleinspeisung	Öffentliches Netz	EEG-Vergütung	<ul style="list-style-type: none"> Wirtschaftlichkeit ? Eingeschränkte Erlebbarkeit des unmittelbaren Nutzens der Stromerzeugung 	?
Stromversorgung Hochbehälter	Gemeinde Riegel	PPA über Direktstrombelieferung / EEE-Vergütung	<ul style="list-style-type: none"> Marginale Stromabnahme In der Praxis Volleinspeisung Nicht wirtschaftlich 	😞
Stromversorgung Wasserversorgung	Gemeinde Riegel	Direktvermarktung via BEG	<ul style="list-style-type: none"> Gemeinde Riegel bezieht Ökostrom aus der Viti-PV in Form eines „echten Bürgerstrommix“ 	😊
Stromversorgung Michaelsschule	Gemeinde Riegel	PPA über Direktstrombelieferung	<ul style="list-style-type: none"> Nur ein Teil der erzeugten Strommenge könnte genutzt werden / ungünstige Lastverteilung Nicht wirtschaftlich 	😞
Stromversorgung Nahwärmenetz „Brauerei Lofts“	Badenova Wärmeplus	PPA über Direktstrombelieferung	<ul style="list-style-type: none"> Prinzipielle Unterstützung der Badenova WärmePlus zugesagt Erhöhte Kosten für die Verlegung eines Erdkabels 	😊

[Quelle: Eigene Darstellung]

Bei der Bewertung und Auswahl der verschiedenen Varianten für die weitere Planung entschieden sich das Projektteam im Abwägungsprozess für die Variante Direktstromlieferung an die RIEGELER Lofts[®]. Die anderen Varianten waren alle nicht praktikabel und der vom Netzbetreiber zugewiesene Netzverknüpfungspunkt wäre mit nur mit einem unverhältnismäßig hohen Kosten- und rechtlichen Aufwand möglich gewesen. Demgegenüber lagen die Kosten und der Aufwand für die Verlegung eines Erdkabels zur Heizzentrale der RIEGELER Lofts[®] in einem vertretbaren Rahmen. In Gesprächen mit der badenovaWÄRMEPLUS wurden konkrete Unterstützungszusagen hinsichtlich eines attraktiven Stromabnahmepreises im Rahmen einer Direktstromlieferung getätigt. Von besonderer Bedeutung waren auch die positiven Mitnahmeeffekte dieser Variante hinsichtlich der Umsetzung eines unmittelbar erlebbaren Prosumer-Modells und die damit verbundene Möglichkeit öffentlichkeitswirksame Aufmerksamkeit nicht nur für die Viti-PV Anlage, sondern auch für Aspekte der Grünstromnutzung im Rahmen der Sektorenkopplung zu erzeugen.

5.9.4 Kostenschätzung (Baukosten der Anlage)

Die Kosten von Agri-PV Anlagen hängen von verschiedenen Faktoren ab. Maßgebliche Faktoren sind u.a. die installierte Leistung (Größe), die Art der Module, der Standort der Agri-PVA (Entfernung zum Netzanschlusspunkt), den PV-Modulen, die Form der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und die Unterkonstruktion (Marktpreisen von Stahlkomponenten). Bei Viti-PV Anlagen kann die Unterkonstruktion dabei mit sehr geringem Verlust an landwirtschaftlicher Fläche in die Rebreihen integriert

werden und es können durch die intendierte Schutzwirkung der Module mit langfristigen Kosteneinsparungen gerechnet werden [Trommsdorff et al. 2022].

Hinsichtlich der Investitionskosten (CAPEX – capital expenditures) müssen bei Viti-PV Anlagen unter anderem Aufwendungen für Unterkonstruktion, Module, Wechselrichter, Installation, Netzanschluss, weitere Systemkosten (Erdkabel, Zähler), Rechtsberatung und den Genehmigungskosten berücksichtigt werden. Mit Ungenauigkeiten zu beziffern sind die Kosten für den Rückbau der Anlage, da diese Kosten erst bei Betriebsende in 20 bis 30 Jahren anfallen.

Zu den Investitionskosten kommen die Betriebskosten (OPEX – operating expenditures). Diese setzen sich zusammen aus den Positionen Wartung, Monitoring, Administration, Versicherungen, Rücklagen z.B. für Austausch Wechselrichter und Reparaturen sowie aus den Verpachtungskosten zusammen [Schindele et.al. 2020]. Im Hinblick auf den notwendigen Einsatz von Rebschutzspritzungen kann aufgrund der noch geringen Erfahrungen mit Viti-PV im Weinbau auch zusätzliche Kosten für die Reinigung von Modulen nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Diese Gefahr ist in der Teilfläche 2 + 3 relativ gering, da die Rebanlage dort mit einer pilzwiderstandsfähigen Rebsorte angelegt wurde, die mit ein oder maximal zwei Rebschutzspritzungen / Jahr auskommt. In der Regel sind die Betriebskosten bei PV-Anlagen sehr gering, da die Komponenten nur einem geringen Verschleiß bzw. Belastung bei Betrieb unterliegen.

Die Investitionskosten bei einer Agri-PV sind im Vergleich mit konventionellen PV-FFA in der Regel höher [Fraunhofer ISE 2020]. Zu Beginn der Konzeptstudie 2021 bestand die Herausforderung, dass es durch fehlende Versuchsanalgen im Weinbau keine bzw. wenige Daten hinsichtlich der möglichen Investitionskosten vorlagen. Ein wesentlicher Bestandteil der Konzeptstudie bestand in der Ermittlung der Baukosten. Hier halfen Expertengespräche insbesondere mit Vertretern des Fraunhofer Institutes, Sichtung der Literatur sowie der Austausch mit Fachleuten aus der Praxis, die im Rahmen einer Bewerbung am Forschungsprojekt Weinbau 4.0 ebenfalls an der Errichtung von Viti-PV Anlagen arbeiteten.

Agri-P -Anlagen waren 2021 auf dem vielseitigen Markt verschiedener PV-Anwendungen noch eine ganz neue Entwicklung. Aus der Literatur konnten erste Hinweise entnommen werden:

- Die größten Kostenpositionen bei Agri-PV Anlagen sind der Tragwerksunterkonstruktion und den PV-Modulen zuzuordnen [Agostini / Colauzzi / Amaducci 2021; Schindele et.al. 2020].
- Bei der Installation von Agri-PV Anlagen ist mit höheren Kosten zu rechnen als z.B. im Vergleich bei der Installation von bodennahen PV-Freiflächenanlagen [Schindele et. al. 2020].
- Die restlichen Kostenblöcke (z.B. für Wechselrichter, Verkabelung, Genehmigungs-, Rechtskosten) unterscheiden sich kaum von denen von bodennahen PV-FFA [Fraunhofer ISE 2020].
- Die Entfernung zum Netzanschluss, die Beschaffenheit des Bodenuntergrunds und eine eventuelle Hanglage wirken sich ebenfalls kostensteigernd aus [Scharf / Grieb / Fritz 2021].
- Die spezifischen Investitionskosten werden günstiger je höher die Gesamtleistung ist, da bei großen Anlagen Skaleneffekte auftreten [Gerhards 2022].

Die aufgeständerten Tragwerksunterkonstruktion wäre erheblich kostenaufwendiger als im Vergleich die bodennahen PV-FFA, aufgrund von Faktoren wie höherer Materialaufwand oder der Tatsache, dass Serienkomponenten erst für den Einsatz in Rebanlagen baulich angepasst oder gar als produzierte Spezialanfertigungen neu angefertigt werden müssen. Dazu kam noch weitere Sondereffekte, z.B. dass

sich infolge der Energiekrise durch den Ukraine Konflikt die Stahlpreise aufgrund der hohen Energiekosten extrem verteuerten. Die Kosten für Montagesysteme bodennaher PV-FFA lagen 2021 in Höhe ca. 75 €/kWp. Die in der Literatur angegebenen Spannen für die Kosten für die Tragwerksunterkonstruktion für Agri-PV Anlagen > 2,1 m rangieren zwischen 130 bis 220 €/kWp in Obst- und Dauerkulturen und 400 €/kWp über Ackerflächen [Scharf / Grieb / Fritz 2021] und 310 kWp in einer Auswertung dreier Studien für Flächengrößen von 2 ha [Wittke 2023].

Bei den Modulen konnten die in der Literatur angegebenen Modulpreise nur grobe Anhaltspunkte geben, da für den Einsatz im Weinbau semi-transparente Module am besten geeignet sind. Bezüglich des am besten geeigneten Transparenzgrad für den Weinbau bestanden 2021 jedoch noch Unsicherheiten. Teilweise waren Module mit dem in Frage kommenden Transparenzgraden für Viti-PV Versuchsanlagen noch nicht in der Serienproduktion. In einer Auswertung dreier Studien ermittelte Wittke (2023) für Module in aufgeständerten Anlagen > 2,10 m Preisspannen ca. 450 €/kWp. In weiteren Quellen werden niedrigere Modulpreise zwischen 330 – 350 €/kWp für den Einsatz in Agri-PV Anlagen aufgeführt [Gerhards 2022]. Modulpreise variieren auch erheblich zwischen verschiedenen Anbietern und verschiedenen Modulkonfigurationen und die Preisentwicklung ist sehr dynamisch abhängig von der Nachfragesituation in Spezialsegmenten.

Die folgende Abbildung 42 zeigt eine Auswertung der drei in den vorherigen Abschnitten erwähnten Studien hinsichtlich den Gesamtinvestitionskosten für Agri-PV Anlagen [Wittke 2023]. In den wissenschaftlichen Veröffentlichungen waren jeweils die Durchschnittskosten für Tragwerksunterkonstruktion, PV-Module, Wechselrichter, Netzanschluss, Installations- und Planungskosten für eine durchschnittliche Anlagengröße von 2 ha für die 3 Anlagentypen bodennahe PV-FFA, hochaufgeständerte Agri-PV > 4m sowie Agri-PV > 2,1 m aufgeführt.

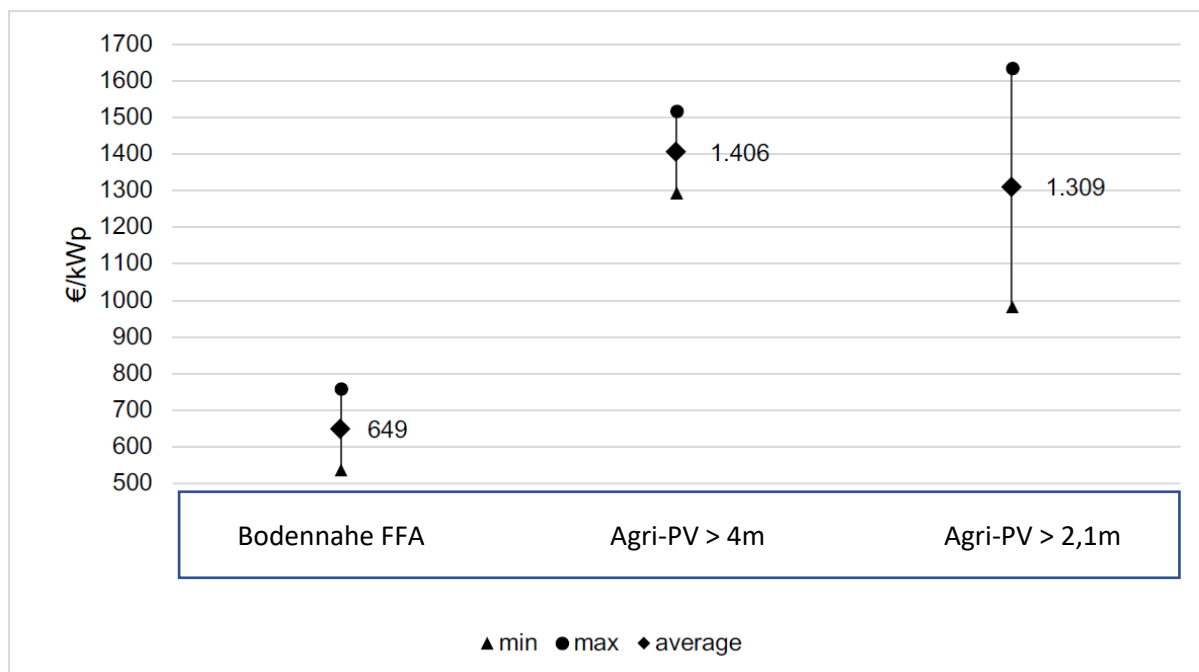


Abbildung 42: Investitionskostenpanne (CAPEX) verschiedener PV-Freiflächenanlagen [Quelle: Wittke 2023]

Nachdem das Projektteam sich im Vorfeld und im Rahmen der Arbeit an dieser Konzeptstudie bereits ausführlich mit den Anforderungen an die Genehmigung und der baulichen Umsetzung einer Viti-PV

Versuchsanlage in Riegel beschäftigt hatte, war es 2021 soweit die ersten Wirtschaftlichkeitsberechnungen anzustellen. Ab Mai 2021 überlappte sich die Arbeit an der Konzeptstudie mit der Notwendigkeit sich an der 2. Antragsstufe für den Landeswettbewerb RegioWIN 2030 zu beteiligen und für die Teilnahme am Forschungsprojekt auch eine entsprechende Kalkulation zu erstellen. Die wesentlichen Kostenpositionen der Viti-PV Versuchsanlage werden nachfolgend beschrieben, die in der 2. Antragsstufe vom Landeswettbewerb RegioWIN 2030 enthalten sind. Folgender Kontext war gegeben:

- Die Angaben geben den Wissenstand Dezember 2021 wieder und beruhen auf die im Rahmen der Konzeptstudie geleisteten Vorplanungsarbeiten (Entwurfsplanung).
- Die Kostenangaben resultierten aus dem Austausch mit Mitarbeiter:innen des Fraunhofer ISE, dem Austausch im Netzwerk mit Mitantragssteller:innen bei regelmäßigen Treffen (veranstaltet von der bei der Antragsstellung federführenden Wirtschaftsförderungsgesellschaft Emmendingen), Fachgesprächen mit Praktiker:innen und Projektier:innen sowie der Auswertung von Literaturdaten.
- Als gewählte Veräußerungsform wurde die Variante „Direktstromlieferung“ an die Heizzentrale der RIEGELER Lofts® berücksichtigt.
- Bei Pilot- bzw. Versuchsanlagen sind mit unerwarteten Mehrkosten zu rechnen, daher beruhen die Kosten auf Annahmen und Abschätzungen.

Unterkonstruktion

Die Unterkonstruktion besteht aus einem Stahlrahmentraggerüst, an dem die PV-Module starr montiert werden. Die Tragwerkskonstruktion wird in zwei Modifikationen realisiert:

- a) In Einzelreihenbauweise und
- b) In einer reihenüberspannenden Version.

Die Stahlprofile werden in die tiefe Lössbodenunterlage eingerammt. In Absprache mit einem Ingenieurbüro wurden die Preise für die Unterkonstruktion projektspezifisch abgeschätzt. Als Kostenansatz wurden 500 Euro je kWp veranschlagt. Die geschätzten Kosten belaufen sich auf **42.000 Euro**.

Modulkosten

Für die Viti-PV sollen semi-transparente PV-Module zum Einsatz kommen. Bei der Kostenschätzung wurde sich an den Erfahrungswerten aus Agri-PV im Obstbau orientiert. Die spezifischen Kosten betragen derzeit 500 – 1.000 Euro je kWp installierter Leistung je nach Lichtbedarf und Anlagengröße. Aufgrund der relativ kleinen Anbaufläche und der Notwendigkeit der Spezialanfertigung für geeignete Spezialmodule im Weinbau wurde mit Kosten von ca. **75.000 Euro** kalkuliert.

Wechselrichter

Die zum Einsatz kommenden Wechselrichter sind vergleichend denen von konventionellen Freiflächenanlagen. Die geschätzten Kosten belaufen sich auf **5.000 Euro**.

Montage und Installation

Die Kosten für die Montage von Unterkonstruktion, Modulen und Wechselrichtern sowie der Ansatz für das Verbrauchsmaterial (Kabel, Verbinder, Verstärker, etc.) basieren auf vorhandenen Erfahrungswerten von vergleichbaren Anlagen. Als Kostenansatz wurden 400 Euro je kWp veranschlagt. Die geschätzten Kosten belaufen sich auf **31.000 Euro**.

Netzverbindung zu den Verbrauchern und Zählerwesen

Geplant ist die direkte Leitungsführung von der PV-Anlage zu einem Netzeinspeisepunkt an den RIEGELER Lofts[®]. Dort kann der Strom von den Mieter:innen und der von der badenovaWÄRMEPLUS betriebenen Großwärmepumpe genutzt werden. Aufgrund der Höhendifferenz zwischen PV-Anlage und Wohnkomplex von etwa 40 m auf einer Luftlinie von weniger als 200 m, wird die Trassenführung vom Bau her sehr anspruchsvoll. Die genaue Ausführung erfolgt nach Rücksprache mit fachkundigen Erdbau- und Kabelverlegungsbetrieben. Der Anschluss erfolgt im Technikraum der Wohnanlage und der Wärmeversorgung. Dafür bedarf es sowohl einer neuen AC-Anschlusses als auch modifizierter Zähl- und Messeinrichtungen. Die geschätzten Kosten für die Kabeltrasse und für den Anschluss an Gebäuden (inkl. Zähler/Messstelleneinrichtung) belaufen sich auf **78.000 Euro**.

Zaunanlage (optional)

Das bisherige Konzept sieht einen Schutz vor dem Betreten Unbefugter vor. Im Regelfall ist das auch eine Bedingung, um überhaupt einen Versicherungsschutz zu erlangen. Die geschätzten Kosten für Zäune von etwa 2 m Höhe zuzüglich Übersteigschutz und Toranlagen für die beiden Teilflächen belaufen sich auf **8.000 Euro**.

Schutzhütte für die Unterstellung von Geräten

Auf dem Gelände soll eine Schutzhütte für die temporäre Lagerung von Baumaterialien erstellt werden. Während der Betriebsphase besteht die Möglichkeit zur Lagerung von Messgeräten oder Umweltbildungsmaterialien. Die geschätzten Kosten belaufen sich auf **2.500 Euro**.

Baugenehmigung

Es wird eine Betriebsgenehmigung im Rahmen eines öffentlich-rechtlichen Vertrages angestrebt. Die geschätzten Kosten werden auf **4.000 Euro** angesetzt.

Baustelleneinrichtung

Hierzu gehören Kosten für z.B. die Bereitstellung eines Dixi-Klos während der Bauphase sowie Kosten für die Aufstellung einer Infotafel. Die geschätzten Kosten belaufen sich auf **1.000 Euro**.

In Summe ergeben sich **Baukosten** von **238.500 Euro**.

Hinzu kommen noch weitere Sachaufwendungen, die für die Errichtung und Inbetriebnahme notwendig und bei der Kalkulation zu berücksichtigen sind:

Gutachten z.B. Statik, Bodengutachten

Für die Berechnung der Statik der Tragwerkskonstruktion sowie weiterer ggfls. erforderlicher Fachgutachten (z.B. Bodengutachten) werden zusätzliche Aufwendungen veranschlagt. Die geschätzten Kosten belaufen sich auf **13.500 Euro**.

Erschließungsmaßnahmen/Vermessungsarbeiten

Für Erschließungsmaßnahmen (z.B. Baustellenzufahrt, Wegebefestigung) und Vermessungsarbeiten werden die Kosten auf **2.000 Euro** geschätzt.

Projektentwicklung

Für die Projektsteuerung, die Planung und das Projektmanagement werden etwa 10 % der geschätzten Baukosten angesetzt. Dieser Betrag ist um die Hälfte geringer als übliche Ansätze in Anlehnung an die Honorarordnung für Architekt:innen und Ingenieur:innen (HOAI). Bei dem Abschlag wurde davon ausgegangen, dass die beteiligten Personen einen ehrenamtlichen Anteil einbringen, weil sie das Vorhaben unterstützenswert finden. Die geschätzten Kosten belaufen sich auf **34.000 Euro**.

Öffentlichkeitsarbeit/Vernetzung

Das Kompetenzzentrum Weinbau 4.0 soll gemeinsam mit den Projektpartner:innen die Öffentlichkeits- und Kommunikationsarbeit leisten sowie die Technologievorführungen mitorganisieren. Die Kooperationspartner:innen der Teilprojekte, wie die HEG Heidelberger Energiegenossenschaft eG, leisten hierzu Unterstützung und übernehmen insbesondere für die Öffentlichkeitsarbeit jeweils einen Teil der hierfür anfallenden Sachkosten. Der Beitrag für die Sachkosten für das Weinbauzentrum 4.0 beläuft sich auf **8.000 Euro**.

Verschattungsstudie ISE

Es ist geplant, das Fraunhofer ISE in Freiburg mit der Erstellung einer Verschattungsstudie zu beauftragen. Die geschätzten Kosten belaufen sich auf **5.000 Euro**.

In Summe werden die **Anschaffungs- und Herstellungskosten** einer Viti-PV Versuchsanlage in Riegel auf **321.000 Euro** (Stand 2022) geschätzt.

Betriebliche Aufwendungen (OPEX):

Bei den betrieblichen Aufwendungen werden folgende jährliche Ansätze der betrieblichen Aufwendungen angesetzt:

- **Versicherung** 304 Euro
- **Reparaturen** 304 Euro
- **Wartung** 912 Euro
- **Sonstiges** 304 Euro
- **Verwaltung** 1.500 Euro
- **Zähler** 1.000 Euro
- **Flächenpacht** 137 Euro

Im Anfangsjahr ergeben sich laufende betriebliche Aufwendungen von etwa **4.500 Euro**. Alle laufenden Kosten werden mit einer Inflation von 1,5 % angesetzt.

Für den Anlagenbetrieb im Projektzeitraum fallen Kosten in Höhe von ca. **20.000 Euro** an.

Eine Übersicht über eine erste Vorkalkulation der Viti-PV Anlage in Riegel sieht, wie in folgender Tabelle 12 dargestellt, aus:

Tabelle 12: Vorkalkulation Viti-PV in Riegel

Vorkalkulation Pilotanlage Viti-PV Riegel		
Systemparameter	Einheit	Gesamtwert
Versuchsfläche	m ²	1600
Modulfläche	m ²	764
Leistung pro Modul	kWp	0,25
Gesamtzahl der Module	Nr.	304
Gesamtleistung der Anlage	kWp	76
Globalstrahlung	kWp/m ²	1220
Performance Ratio	%	0,85
Spezifischer Stromertrag im Jahr	kWh/kWp	1237
Investitionskosten (CAPEX)	EUR/kWp	EUR / Total
Tragwerks-Unterkonstruktion / Entwicklung	550 €	42.000 €
Solarmodule (semi-transparent)	980 €	75.000 €
Wechselrichter	65 €	5.000 €
Netzanschluss	7.000 €	78.000 €
Installation, Arbeitskosten	400 €	31.000 €
Sonstige Kosten	1.000 €	70.000 €
CAPEX (fixe-Erstinstallations-Kosten)	4.032 €	301.000 €
OPEX (Betriebskosten)	EUR / kWp / a	EUR / Total
OPEX (Betriebskosten)	52 €	20.000 €
Gesamtkosten		321.000 €

[Quelle: Eigene Darstellung]

Die Installationskosten (CAPEX) der Viti-PV-Versuchsanlage in Riegel liegen deutlich über den in der Literatur angegebenen Durchschnittswerten für Agri-PV Anlagen. Die Preisspanne für aufgeständerte Agri-PV Anlagen > 2.1 m für Anlagen auf einer durchschnittlichen Flächengröße von 2 ha reicht von 983 € bis 1635 € [Wittke 2023]. Die hohen Investmentkosten in Riegel sind auf folgende Faktoren zurückzuführen:

- Die Anlage ist relativ klein (kleinere Anlagen sind i.d.R. teurer als größere Agri-PV Anlagen bei denen sich Skalierungseffekte positiv auswirken.
- Es wurden relativ hohe Preise für die Anfertigung von Spezialmodulen mit für den Weinbau geeigneten Transparenzgraden zugrunde gelegt. Die erhältlichen Module gab es damals entweder nur in sehr teuren Kleinserien oder Spezialanfertigungen.

- Die Kostenposition für die Direktstromleitung (Netzanschluss) beträgt > 20 % des Anteils an den Gesamtkosten.
- Es wurden Mehraufwendungen für Projektierungs- und Entwicklungskosten (Versuchsanlage) eingepreist.
- Es entstehen noch zusätzliche Mehraufwendungen im Rahmen des Forschungsverbundprojektes für weinbauliches Monitoring und Aufwendungen für die Öffentlichkeitsarbeit.
- Die Preise für Stahl waren zum Zeitpunkt der Baukostenabschätzung infolge des beginnenden Ukraine Konflikts aufgrund hoher Energiepreise auf einem Höchststand.

5.9.5 Berechnung der Wirtschaftlichkeit

Die nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Abbildungen) wurden 2021 auf der Grundlage der PV-Kalkulationssoftware *Investika* vorgenommen. Die Software wurde entwickelt als Hilfsmittel, um Investitionsentscheidungen für Solaranlagen treffen zu können. Die Kalkulationssoftware ist modular aufgebaut und nutzt die Methoden und Verfahren der Investitionsrechnung.

Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde ein Vergütungszeitraum von 5 Jahren zugrunde gelegt. Dies ist die Laufzeit des öffentlich-rechtlichen Vertrags für die Viti-PV Versuchsanlage. Auf 5 Jahre befristet ist ebenfalls das Darlehen mit dem die Bürgerenergiegenossenschaft die Anlage finanziert. Die Verzinsung des Darlehens beträgt 3 %.

Die Eingabeparameter sind 76 kWp für die Anlagegröße, 1037 kWh/kWp für den durchschnittliche Solarertrag per anno und 7 ct/kWh für die Solarvergütung.

Hauptkriterien		
Anlagentyp	Sonstiges (Freifläche)	
Anlagegröße	76,00 kWp	
Ø Stromertrag p.a.	1037,00 kWh/kWp	

Fremdfinanzierung		
	Darlehen 1	Darlehen 2
Auszahlungsquote	100,00 %	100,00 %
Laufzeit Darlehen	1 Monat	5 Jahre, 1 Monat
Tilgungsfreie Monate	Keine	Keine
Zinssatz nom.	0,00 %	3,00 %

Im ersten Jahr erzeugt die Viti-PV Versuchsanlage 78.812 kWh, die sich über die fünf Jahre Laufzeit zu 394.052 kWh aufsummieren. Bei der Vergütung der frei vermarkteten Strommenge über die Direktstromleitung zu den RIEGELER Lofts[®] wurde ein Betrag von 20 ct/kWh angesetzt (Mischkalkulation Vergütung für Wärmepumpenstrom & Mieterstrom). Insbesondere die Ansätze der Vergütung des erzeugten Stroms unterliegen noch großen Unsicherheiten. Mit dem Betreiber der Großwärmepumpe (badenovaWÄRMEPLUS) sind bereits Gespräche geführt worden, die den getroffenen Ansatz bestätigen. Hier liegt eine schriftliche Bestätigung vor, die dem Förderantrag beigelegt wurde. Seitens der Hausverwaltung liegt ebenfalls eine Interessensbekundung über den Direktverkauf von Strom zur Deckung des Allgemeinstroms vor. Der Kalkulationsansatz für den Mieterstrom bedarf jedoch noch der Bestätigung. Mit den Mieter:innen sind bisher keine Gespräche geführt worden. Der getroffene Ansatz ist daher noch mit großen Unsicherheiten verbunden.

Stromproduktion und Vermarktung		
	Erstes volle Jahr	Gesamt
erzeugte Strommenge	78.812 kWh	394.052 kWh
gesetzlich vergütete Strommenge	0 kWh	0 kWh
frei vermarktete Strommenge	78.812 kWh	394.052 kWh
Eigenverbrauch	0 kWh	0 kWh

Einspeisevergütung und Eigenverbrauch		
	Erstes volle Jahr	Ø Gesamt
Gesetzliche Einspeisevergütung	0,0700 €/kWh	0,0700 €/kWh
Vergütung frei vermarktete Strommenge	0,2000 €/kWh	0,2000 €/kWh
Eingesparte Kosten durch Eigenverbrauch	0,2000 €/kWh	- €/kWh

Als Gesamtinvestitionskosten für die Viti-PV Anlage in Riegel werden 320.000 € angesetzt. In der Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde ein Fördermittelzuschuss in Höhe von 60 % (192.000 Euro) über den Landeswettbewerb RegioWIN 2030 im Rahmen des Kooperationsprojektes Weinbau 4.0 eingerechnet (40 % Mittel aus dem EU-EFRE Strukturfonds und 20 % Fördermittel des Landes Baden-Württemberg). Der Restbetrag von 128.000 Euro soll durch Eigenmittel erbracht werden.

Mittelverwendung / Mittelherkunft		
Investition / Mittelverwendung		
PV Anlage	52,66 %	168.500 €
Leistungsanschluss	21,88 %	70.000 €
Planung, Begltg.	25,47 %	81.500 €
Summe	100 %	320.000 €
Finanzierung / Mittelherkunft		
Darlehen 1	60,00 %	192.000 €
Darlehen 2	40,00 %	128.000 €
Summe	100 %	320.000 €

Wie das nachfolgende Ergebnis zeigt, ist auf der Basis der kurzen Laufzeit von 5 Jahren trotz der hohen Vergütung mit einer negativen Gesamtkapitalrendite zu rechnen. Damit eine „schwarze Null“ bei der Anlage erreicht werden kann, ist eine Laufzeitverlängerung des öffentlich-rechtlichen Nutzungsvertrages um weitere 6 Jahre notwendig. Bei den gewählten Kalkulationsansätzen muss die Viti-PV also mindestens elf Jahre laufen, bis die Energiegenossenschaft das eingesetzte Kapital erwirtschaftet hat. Dabei ist zu beachten, dass es sich aufgrund der Pilot-Projektstruktur um Risikokapital handelt und zusätzlich entstehende Kosten (z.B. Stahlpreiserhöhung, Modulpreise) dynamisch sind und durch die Bürgerenergiegenossenschaft abgedeckt werden müssen. Aus den Überschüssen werden Rücklagen für den Anlagenrückbau gebildet.

Alle Angaben sind ohne Berücksichtigung der Mehrwertsteuer. Die Zahlungen von möglicher Körperschaftsteuer und Gewerbesteuer kommen nicht zum Ansatz. Die Ansätze der Vergütung des erzeugten Stroms unterliegen noch große Unsicherheiten.

Finanzkennzahlen	
Gesamtkapitalrendite	-21,84 %
Eigenkapitalrendite	--

Liquiditätsüberschuss		
	Erstes volle Jahr	Gesamt
Erlös gesetzlich vergüteter Strom	0 €	0 €
Erlös frei vermarkteter Strom	15.762 €	78.810 €
Eingesparte Kosten durch Eigenverbrauch	0 €	0 €
Vermarktungsabhängige Kosten	0 €	0 €
Laufende Zahlungen an Dritte	-4.528 €	-23.669 €
Eigene Arbeitsleistung	0 €	0 €
Fremdfinanzierung	-25.211 €	-320.320 €
Guthabenzins Kapitalkonto	0 €	0 €
Sollzins Kapitalkonto	-116 €	-8.037 €
Individuelle Posten	0 €	192.000 €
Gewerbesteuer	0 €	0 €
Liquiditätsüberschuss vor Steuern	-14.093 €	-81.216 €
Einkommensteuer (-) / Steuerersparnis (+)	0 €	0 €
Liquiditätsüberschuss nach Steuern	-14.093 €	-81.216 €
Eigenkapital		0 €
Effektiver Gesamtüberschuss		-81.216 €

Mit der Software PV-Kalk International wurden detaillierte Liquiditäts- und Ertragsvorschaurechnungen für insgesamt drei unterschiedliche Laufzeitvarianten erstellt:

- Bei einer Betrachtung von 5 Jahren ergibt sich eine Unterdeckung von etwa **81.200 Euro**
- Bei einer Betrachtung von 10 Jahren ergibt sich eine Unterdeckung von etwa **9.200 Euro**
- Bei einer Betrachtung von 15 Jahren ergibt sich ein Überschuss von etwa **54.000 Euro**

Fachgespräche mit Projektentwickler:innen und Forschungseinrichtungen, die auf Projekterfahrung im Bereich von Innovations- und Pilotprojekten im Projektentwicklungsbereich der erneuerbaren Energien zurückgreifen können, zeigen hinsichtlich der wirtschaftlichen Nutzungsdauer folgenden Zeitkorridor auf:

- 10 - 15 Jahre für Hochrisikoprojekte (konservativer Ansatz)
- 15 - 20 Jahre für Pilotprojekte (realistisch, progressiver Ansatz)
- 20 - 30 Jahre für PV-Projekte mit Standardkomponenten

Für das Pilotprojekt in Riegel werden aufgrund der vorhandenen Machbarkeitsstudie 20 Jahre als realistisch angesehen. Unter Berücksichtigung entsprechender Reinvestitionen sind 30 und mehr Jahre als realistische Nutzungsdauer durchaus denkbar.

5.9.6 Betrieb der Versuchsanlage

In Riegel soll die Pilot-Anlage als Winzer-Modell-Kleinanlage betrieben werden. Die Projektlaufzeit beträgt 5 Jahre. Der Betrieb wird generell auf eine Laufzeit von 10 bis 20 Jahren ausgelegt, da ansonsten kein wirtschaftlicher Betrieb dargestellt werden kann. Dabei gelten folgenden Prämissen für die gesamte betriebliche Laufzeit:

- Berücksichtigung der Forschung, wissenschaftliche Auswertung, transparenter Umgang mit Erkenntnissen.
- Informelle und wirtschaftliche Einbindung der lokalen Bürgerschaft und Stromnutzer.
- Einbindung in das Klimaschutzkonzept der Gemeinde Riegel.

Die kompakte PV-Pilotanlage in Riegel verfolgt als Reallabor parallel mehrere Ziele:

- Klimafolgenanpassung im Weinbau
- Reallabor für lokale Klein- und Nebenerwerbsswinzer:innen
- Angepasster Pflanzenschutz
- Monitoring der Pflanzen- und Qualitätsentwicklung
- Wissensaufbau zur Kosten- und Ertragsstrukturen von Photovoltaik im Weinbau
- (lokale) Energiewende, (lokale) Bildung und (lokale) Akzeptanz

5.9.7 Organisation des Betriebs

- Das Viti-PV Projekt Riegel ist Bestandteil des Projektes Weinbau 4.0 (RegioWIN 2030) und Unterzeichner eines übergeordneten Konsortialvertrages.
- Die HEG Heidelberger Energiegenossenschaft (HEG) ist Antragssteller, für die Planung, den Bau und den Betrieb verantwortlich. Sie ist damit auch für den Nachweis der ordnungsgemäßen Mittelverwendung sowie geforderten Rechenschaftsberichte verantwortlich. Die HEG verantwortet auch den kaufmännischen Betrieb.
- Die HEG unterzeichnet einen Nutzungsvertrag mit dem Flächeneigentümer über die Dauer von zehn Jahren mit der Option zur Verlängerung von drei Mal fünf Jahren. Der Flächeneigentümer erhält dafür eine Pacht bei gleichzeitiger Nutzung der Fläche für den Weinbau.
- Die HEG errichtet eine eigene Stromleitung zum Objekt „Alte Brauerei“ und bietet den Bewohner:innen die Nutzung des Stroms aus der Viti-PV Anlage an (Mieterstrom). Weiterhin erhält die badenovaWÄRMEPLUS ein Angebot zur Strombelieferung der Großwärmepumpe für das Objekt „Alte Brauerei“.
- Die Stromnutzer:innen aus der Wohnanlage „Alte Brauerei“ werden Mitglied der BürgerEnergie Kaiserstuhl (BEKA). Sie können das erforderliche Kapital zeichnen, das die Genossenschaft wiederum als Darlehen an die die HEG gibt. Die HEG zahlt wiederum Zinsen an die BürgerEnergie Kaiserstuhl (BEKA), die diese an die Mitglieder:innen weiterreicht.
- Die HEG kann einen Vertrag mit der BürgerEnergie Kaiserstuhl für Teilleistungen der Betriebsführung abschließen. Die vor Ort ansässige Energiegenossenschaft übernimmt die Aufgaben mit örtlicher Präsenz, die Abstimmung mit der Gemeinde Riegel, die Öffentlichkeitsarbeit und beabsichtigten Bildungsangebote.

Die betriebliche Organisation ist in dem nachfolgenden Schaubild (Abb. 43) dargestellt:

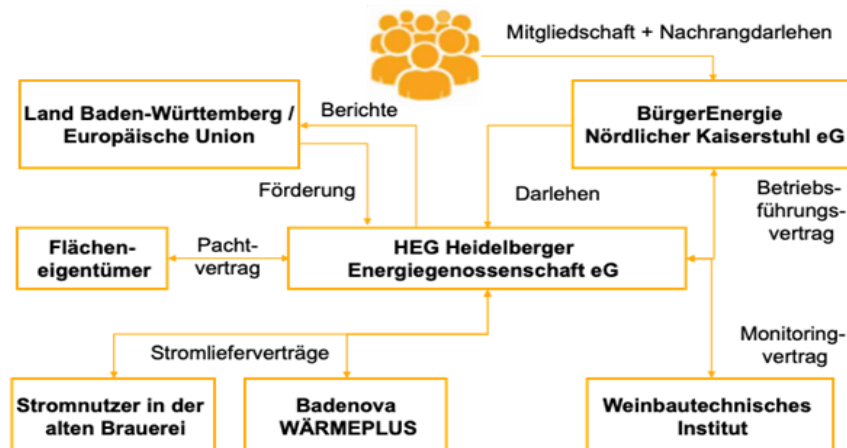


Abbildung 43: Betriebliche Organisation der Viti-PV Anlage in Riegel

[Quelle: Eigene Darstellung]

Fazit für Riegel

Das zum Zeitpunkt der Antragstellung gültige Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ermöglicht kein Geschäftsmodell, das auch nur annähernd einen wirtschaftlichen Betrieb darstellen lässt. Die Einleitung in das öffentliche Stromnetz ermöglicht keine auskömmlichen Stromerlöse. Aus diesem Grund gehen die Vorhabenträger:innen einen weiteren innovativen Schritt in der eigenverantwortlichen Vermarktung des Stroms: Kund*innen in räumlicher Nähe sollen direkt mit dem in der Viti-PV Anlage produzierten Strom beliefert werden. Damit wird der Betreiber der Anlage auch zum lokalen Netzbetreiber und lokalen Energielieferanten.

Aufgrund der geplanten Stromvermarktung als Direktvermarktungsmodell im Rahmen einer Direktlieferung und Eigenstromnutzung mittels eines PPA-Liefervertrags wird es keine Einspeisung in das öffentliche Stromnetz geben. Somit wären ohnehin keine Bezüge über die EEG-Umlage möglich. Es entfallen sowohl die EEG-Abgaben als auch die EEG-Vergütungsleistungen. In Summe wirkt sich dies auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Anlage insgesamt aber deutlich positiv aus.

Es sind mehrere Varianten zur lokalen Stromvermarktung betrachtet worden, u.a.:

- Direkteinspeisung in das öffentliche Netz
- Versorgung der Michaelsschule Riegel (Realisierung von Eigenstromverbrauch)
- Versorgung des Wasserpumpwerkes Riegel

Unter Berücksichtigung einer möglichst hohen Zeitgleichheit zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch sowie einer möglichst großen räumlichen Nähe ergibt sich lediglich die Belieferung des Wohnkomplexes (RIEGLER Lofts[®]) der ehemaligen Brauerei Riegel als einzig mögliches Szenario.

6. Zusammenfassung und Ergebnis

Vor dem Hintergrund des rapiden Klimawandels, der sich immer weiter verschärfenden Flächenkonkurrenzsituation und der Notwendigkeit des Ausbaus von Erneuerbaren Energien, um die angestrebte Klimaschutzneutralität in Riegel 2035 zu erreichen, entstand im Sommer 2020 die Idee zu einer Pilotanlage für Viti-PV auf dem Michaelsberg in Riegel. Der Weinanbau ist eine wichtige Sonderkultur in der sonnenreichen Oberrheinregion. Der rasch voranschreitende Klimawandel stellt bereits heute die Winzer:innen vor große Herausforderungen. Viti-PV Anlagen, d.h. die parallele und synergistische Doppelnutzung von Rebflächen zur Lebensmittelproduktion und Stromproduktion im bewirtschafteten Weinberg, können potentiell einige dieser negativen Klimafolgewirkungen abmildern und gleichzeitig einen Beitrag zur Energiewende und so zum Klimaschutz leisten.

Ausgehend von einer Initiative eines lokalen Winzers in Riegel wurden im Sommer 2020 durch vier Ehrenamtliche erste Voruntersuchungen zur Planung einer Viti-PV Anlage in Riegel durchgeführt. Das Ergebnis dieser Vorstudie war, dass großes Interesse an einer Pilot-Viti-PV Anlage in Riegel besteht. Damals gab es in Deutschland noch keine Viti-PV Anlagen, sodass sich vielfältige Fragestellungen hinsichtlich der Anlagenkonzeption sowie der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit ergaben. Dank der Unterstützung des badenova Innovationsfonds war es möglich, die nun vorliegende Konzeptstudie zur Prüfung der Machbarkeit einer Viti-PV Pilotanlage in Riegel zu erstellen.

Die Konzeptstudie erhielt eine erhöhte unmittelbare praktische Relevanz dadurch, dass die Umsetzung der Projektidee für eine Viti-PV Anlage in Riegel als Bestandteil eines Konsortialprojektes „Weinbau 4.0“ der Wirtschaftsförderungsgesellschaft des Landkreises Emmendingen durch den Landeswettbewerb „RegioWIN2030“ im Jahre 2023 als förderungswürdig anerkannt wurde.

Das übergeordnete Ziel der Konzeptstudie bestand in der Untersuchung:

- der Projektidee in einer größeren Detailgenauigkeit,
- der technischen Machbarkeit einer Viti-PV Pilotanlage unter den gegebenen weinbaulichen Standortbedingungen auf dem Michaelsberg in Riegel,
- sowie deren wirtschaftliche Realisierbarkeit

als Beitrag zum Klimaschutz- und der Klimaanpassung in Riegel.

Im Rahmen der Konzeptstudie wurde für eine potentielle Viti-PV Anlage am Standort Riegel insgesamt neun Fragestellungen/Themenbereiche untersucht, welche die wichtigsten Aspekte für Planung und Betrieb der Anlage umfassen. Die Ergebnisse der Arbeitspakete sind in folgender Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Übersicht über die im Rahmen der Konzeptstudie erarbeitenden Ergebnisse

AP	Übergeordnetes Thema	Ziel / Fragestellungen	Fazit / Ergebnis
1	Anforderungen Technik / Weinbau / Pflanzengesundheit	Erarbeitung der spezifischen Anforderungen aus dem Weinbau	<p>Eine Kernfrage der geplanten Versuchsanlage auf dem Michaelsberg ist, ob und wie eine Viti-PV Anlage einen Beitrag zum Strukturwandel von Weinbauregionen in Zeiten des Klimawandels leisten kann. Die sozio-ökonomischen Bedingungen des Standorts in Riegel sind typisch für den Weinbau am Kaiserstuhl: kleinparzellige und heterogene Eigentümer:innenstrukturen, eine Überalterung der Winzer:innenschaft sowie Flächen, die im Nebenerwerb seit Generationen bewirtschaftet werden, für die jedoch zunehmend die Nachfolger:innen fehlen. Hinzu kommt eine Winzergenossenschaft mit schrumpfender Mitgliederzahl und ein Weinbau, der sich angesichts stagnierender oder rückläufiger Absatzmärkte insgesamt in einer Phase des Umbruchs befindet. Darüber hinaus stellt der Klimawandel die Branche vor zusätzlichen Herausforderungen.</p> <p>Auf einer potentiellen Viti-PV-Teilfläche am Michaelsberg wird daher versucht, durch die Umstellung auf eine pilzwiderstandsfähige Rebsorte sowie eine ressourcenschonende Bewirtschaftung, klimaangepasste Lösungen zu erproben. Auf den neu angelegten Rebflächen soll zudem die Schutzwirkung der geplanten Viti-PV Anlage weiter untersucht werden. Die Flächen sind klein, aber aufgrund der guten Zuwegung, der Nähe zu potenziellen Netzverknüpfungspunkten und der Nähe zur Michaelskapelle (Ausflugziel für Nah- und Ferntouristen) besonders gut geeignet für eine kleine Viti-PV Pilotanlage. Dadurch bietet sich eine gute Gelegenheit, interessierte Besucher*innen über die Chancen von Agri/Viti-PV zu informieren. Die Flächen erfüllen die weinbaulichen Anforderungen an eine Versuchsanlage und der weiche Lössboden bietet ideale Voraussetzungen für eine gerammte Tragwerkskonstruktion.</p>
2	Planung und Bau-recht	Genehmigungsprozess für eine Viti-PV Anlage in Riegel	<p>Die Anlage in Riegel soll aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Fokus auf die Zielgruppe (Nutzer:innen und Betreiber:innen) dies vorgibt, technisch einfach und in den Dimensionen überschaubar geplant werden. Die vollständige Rückbaubarkeit der Anlage inklusive der Gründung muss eingeplant werden. Mit dem geplanten Gründungsverfahren für die Anlage in Riegel ist dies möglich. Die Bodenbeschaffenheit lässt die gewünschte Gründung zu.</p>

			<p>Die Anlage soll weiter möglichst simple, übersichtlich und unauffällig konzipiert sein, um den Genehmigungsprozess zu vereinfachen, die Akzeptanz zu erhöhen und um den zukünftigen Anlagenbetrieb sowie den Rückbau einfach zu halten. Dennoch muss es eine Anlage der Kategorie I sein, um den Anforderungen aus der landwirtschaftlichen Nutzung (Weinbau) gerecht zu werden. Dies ist bei der Planung zu berücksichtigen.</p> <p>Die Gründung, Tragwerk und Baustatik und das baustatische Nachweisverfahren sollen einfach gehalten sein. Bei der Planung wird daher, soweit vorhanden, auf bereits bekannte und etablierte Systeme und Verfahren zurückgegriffen. Aufgrund bestehender Kontakte, die im Rahmen der Zusammenarbeit während der Konzeptstudie entstanden sind, kann auf Unterstützung eines, in der Materie bereits erfahrenen, Planungsbüros zurückgegriffen werden.</p> <p>Aktuell fehlen leider die gesetzlichen Rahmenbedingungen zur einfachen und unkomplizierten Genehmigung und Förderung der Viti-PV Anlage in Riegel. Bis zu einer Anpassung der aktuellen Situation wäre nach aktueller Gesetzeslage für den Bau bzw. die Genehmigung einer Viti-PV Anlage in Riegel die Durchführung eines Bauleitplanverfahrens und parallel die Änderung des Flächennutzungsplans notwendig. Dies würde für das Projekt ein unverhältnismäßig großes Risiko darstellen. Daher wurde als individuelle Brückenlösung für den Standort Riegel die Ausnahmeregelung über die Genehmigung unter Zuhilfenahme eines öffentlich-rechtlichen Vertrags entwickelt.</p>
3	Bautechnik – Kriterien zur Anlagenauswahl und bautechnische Anlagenkomponenten	Technische Aspekte zu den Vor-/Nachteilen verschiedener Tragwerks-Unterkonstruktionen, Grundkonzeption und Baustoffen für die Viti-PV Anlage in Riegel	<p>Anlagengründung</p> <p>Zur Gründung der Viti-PV Anlage auf dem mächtigen Lössboden am Michaelsberg in Riegel soll auf ein Betonfundament verzichtet werden. Ein einfacher und vollständiger, rückstands-freie Rückbau der Anlage soll ermöglicht werden. Weiter wird wegen der klimaschädlichen Wirkung auf eine Betonfundamentgründung verzichtet. Die Lösung einer Pfahlgründung mit Robinienstämmen konnte nicht abschließend geklärt werden. Zum aktuellen Projektstand werden auf Basis der Entwurfsplanung die Varianten einer Gründung mit Ramm- oder Pressprofilen oder eine Lösung mit Schraub- oder Spinnankern aus Stahl bevorzugt. Insbesondere der weiche Lössboden kann für diese Varianten technische Vorteile bringen. Im weiteren</p>

			<p>Verlauf wird eine detailliertere Planung erforderlich. Möglicherweise wird zur Berechnung und Dimensionierung der Gründungsvarianten ein Bodengutachten erforderlich.</p> <p>Ausführung im Holzbauweise</p> <p>Zum aktuellen Projektstand fehlen dem Projektteam die notwendigen technischen Lösungsmöglichkeiten und Erfahrungen insbesondere auch aus baustatischer Sicht und im Hinblick auf den konstruktiven Holzschutz, um eine dauerhafte und sichere Holztragkonstruktion in Riegel planen und realisieren zu können. Die Risiken einer Holzbauweise können nicht abschließend abgeschätzt werden. Die erforderliche Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit einer frei bewitterten Anlage ist unklar. Auch ob sich überhaupt eine Firma zur Ausführung in Holzbauweise finden ließe ist fraglich.</p> <p>Grundsätzlich bleibt der Ansatz in Holzbauweise auszuführen eine interessante Option. Hier bedarf es jedoch weiterführender Forschung, Entwicklung und Planung um praxistaugliche und wirtschaftliche Lösungen zu entwickeln. Die Ausführung in Holzbauweise wurde daher für Riegel wieder verworfen. Es blieben zu viele vor allem auch technische Fragestellungen offen.</p> <p>Tragkonstruktion der Viti-PV Anlage</p> <p>Wesentliche Entscheidungskriterien für die Entwicklung im Rahmen der Konzeptstudie für das Pilotprojekt in Riegel waren sowohl wirtschaftliche Aspekte als auch die Themenschwerpunkte Akzeptanz, Klimaschutz, Klimafolgenanpassung, Bürgerbeteiligung und die Berücksichtigung der Belange von Klein- und Nebenerwerbswinzern aus der Region. Ziel war die Risikominimierung zum Bau und Betrieb einer Agri-PV Anlage.</p> <p>Nach intensivem Abwägungsprozess kam das Projektteam zum Schluss, dass zur Umsetzung einer Pilotanlage in Riegel eine Tragkonstruktion aus Stahl zur Anwendung kommen soll, da bereits einige teilerprobte, übertragbare und marktreife Prototypen und Systemkomponen-</p>
--	--	--	--

			ten existieren und genutzt oder angepasst werden können. Es wurde im Rahmen der Konzeptstudie in Kombination sowohl eine Reihen- als auch Flächenüberspannte Lösung entworfen und geplant. Zusammen mit dem Ingenieurbüro INTECH GmbH & Co. KG konnte die oben dargestellte Viti-PV Anlage als Vorzugsvariante für Riegel bis zum Entwurfsstadium vorangebracht werden.
4	Module	Modulauswahl und -bewertung für die spezifischen Anforderungen der Viti-PV Anlage in Riegel	Für das Viti-PV Projekt in Riegel würden, auf Basis der Fachgespräche und den daraus gewonnenen Erkenntnissen, für alle drei Flächen partial transparente Module eingesetzt werden. Diese bergen den Vorteil, dass sie einen gewünschten Prozentsatz des Lichtes bei gleichzeitigem Schutz der Pflanzen vor Umwelteinflüssen durchlassen. Auf den Flächen besteht die Möglichkeit verschiedene Module mit unterschiedlichen Transparenzgraden zu untersuchen. Der Weinbau ist eine lichtliebende Kultur. Insbesondere im Frühjahr, wenn der Wein austreibt, braucht er ausreichend Sonneneinstrahlung. Daher sollen die Module, die für die Rebpflanzen und Traubenreifeung erforderlichen Lichtverhältnisse sicherstellen. Der Einsatz der partial transparenten Module garantiert ebenfalls eine hohe Lichtdurchlässigkeit bei geringeren Investitionskosten und Wartungsanfälligkeit. Da keine elektronische Steuerung der Module über den Tagesverlauf vorhanden sein wird (siehe Kapitel 5.7), dürfen die Module keine zu dichte Decke bilden, um eine ausreichende Luftzirkulation zu gewährleisten. Die abschließende Auswahl eines Herstellers oder Lieferanten unter Berücksichtigung des gewünschten Transparenzgrades steht noch aus.
5	Optimierungspotenzial durch elektronische Steuerung / Nachführung	Analyse des Nutzens einer elektronischen PV-Steuerung im Hinblick auf Rebenentwicklung, Erntequalität und Wirtschaftlichkeit für das Viti-PV-Projekt in Riegel	Die Viti-PV Anlage, die bei ausreichender Finanzierung in Riegel gebaut werden soll, soll eine Low-Tech-Anlage sein, die eine einfache Nachahmbarkeit für Winzer ermöglicht. Um das Landschaftsbild möglichst wenig zu beeinträchtigen und da keine Bewirtschaftung mit dem Vollreifer angestrebt wird, wird eine möglichst geringe Höhe der Aufständigung geplant. Die Erstellung eines geeigneten Algorithmus, der genau auf den Weinanbau und den Standort abgestimmt und somit die vielen Vorteile der elektrischen Steuerung abdecken würde, ist

			<p>voraussichtlich nicht finanzierbar. Bei einer einfachen manuellen Steuerung, die lediglich die Verstellbarkeit der Module erlauben würde, ist mit einer 30 % Kostensteigerung auszugehen.</p> <p>Die Anlage soll in Riegel auf dem Gelände eines Nebenerwerbs-Winzern erbaut werden. Die Anlage soll somit möglichst pflegeleicht sein und wenig Aufmerksamkeit im Alltag beanspruchen. Eine erhöhte Wartungsanfälligkeit ist zu vermeiden.</p> <p>Der Einbau einer elektronischen Steuerung/Nachführung wird somit als wirtschaftlich und praktisch nicht sinnvoll erachtet. Um trotzdem eine ausreichende Sonneneinstrahlung zuzulassen, wird die Verwendung von semitransparenten Modulen (siehe Kapitel 5.4) als notwendig erachtet. Ausreichender Abstand zwischen den PV-Modulen muss die Luftzirkulation erlauben.</p>
6	Hagelschutz	Analyse des theoretischen Potentials und der technischen Umsetzbarkeit der Viti-PV Anlage als Hagelschutzsystem	<p>Im Rahmen der konzeptionellen Arbeiten bei der Planung der Viti-PV Anlage Riegel wurden mit der Firma Whailex erste Ideen erörtert. Es wurde eine Kombination aus direkter Schutzwirkung, durch die über den Rebzeilen auf der Tragwerkskonstruktion angebrachten PV-Module, in Ergänzung mit dem Freiraum überspannenden Hagelschutznetzen zwischen der Tragwerkkonstruktion betrachtet. Hierdurch müsste sich die Hagelschutzwirkung zusätzlich erhöhen lassen. Diese Idee wurde allerdings nicht weiterverfolgt, da im Falle eines Hagelereignisses das Gewicht der im Zwischennetz aufgefangenen Hagelkörner schnell kritische Größen erreichen kann. Stattdessen wurde auf der Monitoring-Ebene (siehe Kapitel 5.7) vereinbart, dass – falls eine der drei Versuchsanlagen von einem Hagelereignis betroffen sein würde, eine Schadensbewertung bei der betreffenden Rebfläche durchgeführt werden sollte, um die Schutzwirkung der über den Rebzeilen angebrachten Modultische gegen Hagel zu bewerten.</p>
7	Monitoring Konzept	Ausarbeitung eines Überwachungskonzepts für die Viti-PV Anlage in Riegel	<p>Im Rahmen einer Pilotanlage ist ein wissenschaftliches Monitoring unverzichtbar, um die Auswirkungen und Machbarkeit von PV Anlagen im Weinbau praxisnah zu untersuchen. Da die Flächen in Riegel nicht die Bedingungen für ein wissenschaftliches Monitoring bieten, wurde in Zusammenarbeit mit dem WBI ein flächenangepasstes Begleitforschungskonzept entwi-</p>

			ckelt. Dieses praxisorientierte Monitoring soll wichtige agrarwissenschaftliche Parameter erfassen und die gewonnenen Erkenntnisse zur Optimierung zukünftiger Viti-PV Anlagen beitragen.
8	Akzeptanzforschung	Ausarbeitung von Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung und pädagogischen Nutzung der Viti-PV Anlage in Riegel	Für das Ergebnis der Konzeptstudie war die frühe Einbindung der Bevölkerung essentiell, um kritische Rückfragen zu klären und die Gedanken der Bürger:innen in das Projektvorhaben aufzunehmen. Der Input der Bevölkerung hat dem Projektteam neue Aspekte aufgezeigt, die sofort berücksichtigt werden konnten. Gerade bei einem innovativen Projekt wie diesem ist eine breite gesellschaftliche Akzeptanz von großer Bedeutung. Denn je höher die Akzeptanz ist, desto eher kann mit einem zügigen Bau und zukünftigen Ausbau gerechnet werden.
9	Wirtschaftlichkeitsberechnung	Untersuchung von (Alternative) Finanzierungs- und Co-Finanzierungsmodelle und Optionen, Optionen sowie Vor- und Nachteile unterschiedlicher Betreibermodelle, Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (finanzielle Machbarkeit) für das Viti-PV-Projekt in Riegel	<p>Das zum Zeitpunkt der Antragstellung gültige Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ermöglicht kein Geschäftsmodell, dass auch nur annähernd einen wirtschaftlichen Betrieb darstellen lässt. Die Einleitung in das öffentliche Stromnetz ermöglicht keine auskömmlichen Stromerlöse. Aus diesem Grund gehen die Vorhabenträger:innen einen weiteren innovativen Schritt in der eigenverantwortlichen Vermarktung des Stroms: Kund*innen in räumlicher Nähe sollen direkt mit dem in der Viti-PV Anlage produzierten Strom beliefert werden. Damit wird der Betreiber der Anlage auch zum lokalen Netzbetreiber und lokalen Energielieferanten.</p> <p>Aufgrund der geplanten Stromvermarktung als Direktvermarktungsmodell im Rahmen einer Direktlieferung und Eigenstromnutzung mittels eines PPA-Liefervertrags wird es keine Einspeisung in das öffentliche Stromnetz geben. Somit wären ohnehin keine Bezüge über die EEG-Umlage möglich. Es entfallen sowohl die EEG-Abgaben als auch die EEG-Vergütungsleistungen. In Summe wirkt sich dies auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Anlage insgesamt aber deutlich positiv aus.</p> <p>Es sind mehrere Varianten zur lokalen Stromvermarktung betrachtet worden, u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Direkteinspeisung in das öffentliche Netz

			<ul style="list-style-type: none">• Versorgung der Michaelsschule Riegel (Realisierung von Eigenstromverbrauch)• Versorgung des Wasserpumpwerkes Riegel <p>Unter Berücksichtigung einer möglichst hohen Zeitgleichheit zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch sowie einer möglichst großen räumlichen Nähe ergibt sich lediglich die Belieferung des Wohnkomplexes (RIEGLER Lofts[®]) der ehemaligen Brauerei Riegel als einzig mögliches Szenario.</p>
--	--	--	---

[Quelle: Eigene Darstellung]

Das Ziel der Konzeptstudie war es Aufschlüsse zu liefern hinsichtlich den Standortbedingungen für eine Viti-PV Anlage in Riegel sowie deren technische und wirtschaftliche Machbarkeit. Die Konzeptstudie ist eine Grundlage für eine abschließende Risikobewertung.

1. Weinbauliche Standortbedingungen

Die Weinbaulichen Standortbedingungen der Viti-PV Anlage wurden in den Arbeitspaketen 1, 7 und 8 untersucht.

- Die Ausgangslage für eine doppelte Flächennutzung im Weinbau ist am ausgewählten Standort in Riegel günstig.
- Die Lage und Südausrichtung der Flächen sowie die vorhandene Infrastruktur bildet sowohl für den Weinbau als auch für die Errichtung einer Viti-PV Anlage ausgesprochen günstige Bedingungen zur doppelten Flächennutzung.
- Die blickgeschützte und zugleich verkehrstechnisch günstige Lage ist positiv zu bewerten.
- In einem Gutachten (Natura 2000) wurden keine Naturschutzfachlichen Bedenken festgestellt.
- Um eine möglichst große Akzeptanz zu erreichen wurden wichtige Akteure (z.B. Gemeinderat, Naturschutzgruppen, Winzergenossenschaft Riegel etc.) bereits früh informiert und das Projekt in der Öffentlichkeit in zielgruppenspezifischen Veranstaltungen und der Presse vorgestellt.

Aus Weinbaulicher Sicht ist die Umsetzung einer Viti-PV Pilotanlage in Riegel trotz eines vergleichsweise eingeschränkten Referenzflächenpotentials als positiv zu bewerten. Zwar wurden in den letzten drei Jahren bereits drei Viti-PV Versuchsanlagen am Kaiserstuhl und in Hessen gebaut, aber die **Anlage in Riegel wäre die erste Versuchsanlage, bei welcher sich Auswirkungen einer Solarnutzung über einer PIWI-Sorte untersucht werden könnten**. Darüber hinaus bietet die Fläche in Riegel die Möglichkeit der Konversion auf organische Bewirtschaftung. Deswegen besteht nach wie vor großes Interesse seitens des Kompetenzzentrums „Weinbau 4.0“ und des WBI an einer Projektumsetzung.

2. Standortbedingungen

Die vorhandene Infrastruktur und Standortbedingungen würden einen langfristigen Betrieb der Versuchs- und Demoanlage ermöglichen. Damit könnten über viele Jahre angelegte Untersuchungen hinsichtlich pflanzenbaulicher Entwicklung, Ertragsentwicklung, Verschiebung in der Phänologie, Traubenbonitierung und Beobachtungen bezüglich der Schutzwirkung der Anlage aufgrund der Klimafolgewirkungen stattfinden.

3. Organisatorische Machbarkeit

Hinsichtlich der organisatorischen Machbarkeit konnte für die genehmigungsrechtliche Fragestellungen in Absprache mit der Gemeinde und dem Landratsamt eine Lösung gefunden werden. Das Konzept eines Kooperationsprojektes zwischen zwei Bürgerenergiegenossenschaften bezüglich der Finanzierung und Betrieb der Viti-PV Anlage in Riegel ist ein weiteres wichtiges Alleinstellungsmerkmal.

4. Zeitliche Machbarkeit

In Bezug auf die zeitliche Machbarkeit haben sich aufgrund gewichtiger Gründe Verschiebungen ergeben. Durch die Verzögerung war es jedoch möglich aus den Erfahrungen der bisher bereits umgesetzten drei Viti-PV Anlagen zu lernen und technologische Fragestellungen und Forschungsansätze weiterzuentwickeln. Eine Umsetzung des Projektes wäre im Jahr 2026 möglich.

5. Technische Machbarkeit

Die technische Machbarkeit wurde ausführlich in den Arbeitspaketen 3 - 6 für den Standort Riegel untersucht. In den Untersuchungen wurden bereits Erkenntnisse aus dem bisherigen drei gebauten Viti-PV berücksichtigt. Der Bau der Anlage ist in zwei verschiedenen Anlagenkonfigurationen mit Einzelreihenaufstellung bzw. reihenüberspannenden Tragwerkskonstruktion mit starr montierten Modulen mit einer Anlagenleistung zwischen 76 – 99 kWp geplant.

6. Wirtschaftliche Machbarkeit

Bedingt durch die Konzeption als Viti-PV Versuchsanlage auf einer relativ kleinen Fläche sind die Investitionskosten für die Anlage vergleichsweise hoch. Ohne die durch Landes- und EU-Mittel zugesagte Projektförderung im Zuge des Konsortialprojektes „Weinbau 4.0“ im Rahmen des Gewinns des Landeswettbewerbs RegioWIN 2030, wäre die Anlage wirtschaftlich nicht umsetzbar.

Selbst mit den zugesagten Fördermitteln ist die wirtschaftliche Machbarkeit nicht garantiert. Das Konzept einer finanziellen Umsetzung mit breiter Bürgerbeteiligung durch zwei Bürgerenergiegenossenschaften kann nur dann zu Tragen kommen, wenn eine positive Rendite im mittleren einstelligen Bereich nachgewiesen werden kann. Dies kann bei der geprüften Variante I „Volleinspeisevergütung“ bei den derzeitigen Fördersätzen für Agri-PV Anlagen von unter 7 ct/kWh (Stand 2025) nicht erreicht werden. Vor diesem Problem stehen auch Betreiber:innen von Agri-PV Anlagen, die ihre Anlagen bereits gebaut aber noch nicht ans Netz angeschlossen haben. Ebenso wie Betreiber:innen, die eine Anlage planen, aber noch auf die beihilferechtliche Genehmigung der EU für die zusätzlichen 2,5 ct /kWh Einspeisevergütung warten, die seitens der Bundesregierung für Agri-PV Anlagen im Solarpaket I angekündigt wurden. Falls die beihilferechtliche Genehmigung im Laufe der nächsten sechs Monate erfolgen würde, könnte die Anlage mittels EEG-Einspeisevergütung wirtschaftlich betrieben werden.

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde auch eine Variante II mit „Direktstromlieferung“ untersucht. Dabei wird der von der Viti-PV Anlage erzeugte Strom über eine eigene Stromleitung für den Betrieb der Großwärmepumpe für die Wärme-/Warmwasserversorgung der RIEGELER Lofts[®] zur Verfügung gestellt. Die badenovaWÄRMEPLUS, welche die Großwärmepumpe betreibt, hat dem Projektteam im Rahmen des Projektantrags hierfür dankenswerterweise einen Stromverkauf zu einem Preis in Aussicht gestellt, der eine Umsetzung der Anlage prinzipiell ermöglichen würde. Da die Stromabnahme für die Wärmepumpe aber nur einen Teilverkauf des Stroms ermöglicht, ist ein Verkauf des Reststrom in den RIEGELER Lofts[®] für den Allgemiestrom und als Mieterstrom erforderlich. Dadurch entsteht ein Mischpreis, der den wirtschaftlichen Betrieb der Viti-PV Versuchsanlage über 20 Jahre ermöglicht. Hierbei entsteht ein Win-Win Modell: der Bezug von lokalem Grünstrom ist langfristig nachhaltig und auch billiger für die badenovaWÄRMEPLUS und für die Mieter:innen der RIEGELER Lofts[®] (die sich für eine Bürgerstrom-Lösung entscheiden). Umgekehrt trägt die vereinbarte Stromvergütung langfristig zur Wirtschaftlichkeit der Viti-PV Anlage auf dem Michaelsberg bei. Diese Variante

hätte den Reiz, die Erzeugung und den direkten Verbrauch in unmittelbarer räumlicher Nähe zu verwirklichen und für Besucher:innengruppen im Sinne der Akzeptanzgewinnung und Umweltbildung unmittelbar erlebbar zu machen.

Es wäre weltweit die erste Viti-PV Anlage, die mittels eines gemeinwohlorientierten Erzeuger-Verbrauchergemeinschaftsmodells betrieben würde.

Bewertung des Projektrisikos

Der Bau und Betrieb einer Viti-PV Forschungsanlage auf dem Michaelsberg in Riegel ist nach heutigem Kenntnisstand mit Risiken verbunden. Obwohl in den letzten drei Jahren drei Viti-PV Versuchsanlagen am Kaiserstuhl und in Hessen gebaut wurden, bestehen aus wissenschaftlicher Sicht noch Fragestellungen durch das frühe Stadium der Agri-PV Technologie. Auch die spezifischen Nutzeffekte oder Probleme, die sich aus dem Betrieb in einer weinbaulichen PIWI Anlage (mit organischer Bewirtschaftung) ergeben, sind noch unerforscht. Für zahlreiche Winzer:innenbetriebe, die sich derzeit erheblichen strukturellen Veränderungen im Weinbau gegenübersehen, bleibt eine Investition in Viti-PV selbst bei guter Förderung und rechtlicher Planungssicherheit unwahrscheinlich, sofern nicht fundierte Forschungsergebnisse vorliegen und diese an Praxis- und Demonstrationsanlagen nachvollziehbar sind. Weinbauliche Grundlagenforschung ist unerlässlich. Daher wäre die Umsetzung der Viti-PV-Anlage in Riegel ein wichtiger Schritt, um dem deutschen Weinbau gerade unter den Bedingungen des Klimawandels zukunftsfähige Perspektiven zu eröffnen.

Trotz großzügiger Förderzusagen bestehen weiterhin wirtschaftliche Projektrisiken. Diese ergeben sich zum einen aus der niedrigen EEG-Vergütung sowie den Verzögerungen bei der beihilferechtlichen Genehmigung der EU für die geplante Erhöhung auf 9 ct/kWh. Zum anderen führt die vergleichsweise geringe Dimensionierung der vorgesehenen Viti-PV Versuchsanlage in Riegel zu höheren spezifischen Kosten. Größere Anlagen profitieren von Skaleneffekten: Je größer die Agri-PV Anlage, desto niedriger die Stromgestehungskosten und desto höher die Wirtschaftlichkeit. Bei Anlagen im Bereich von rund 60 MW liegen die Stromgestehungskosten unter 5 ct/kWh. Gleichzeitig herrscht jedoch Einigkeit darüber, dass es am Kaiserstuhl wenig sinnvoll wäre, Viti-PV-Versuchsanlagen in dieser Größenordnung allein aus wirtschaftlichen Gründen zu planen und zu errichten.

Daher besteht die zentrale Aufgabe der beteiligten Akteure darin, nach Wegen zu suchen, das wirtschaftliche Projektrisiko so weit zu reduzieren, dass die Viti-PV-Anlage innerhalb des Förderzeitraums realisiert werden kann.

In die Bewertung der Projektrisiken sollten zudem die Chancen und Potenziale einfließen, die mit der Umsetzung der Versuchsanlage verbunden wären. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Aus wissenschaftlicher Sicht und der Perspektive des WBI, des Kompetenzzentrums Weinbau 4.0, der Winzer:innenschaft sowie der Wirtschaftsförderung des Landkreises Emmendingen

- Überregionale Bedeutung des Leuchtturmprojekts im Rahmen des Wettbewerbs „RegioWIN 2030“
- Langzeituntersuchungen des Nutzens der Schutzwirkung Viti-PV (Klimaanpassung) auf PIWI-Rebflächen mit optionaler organischer Bewirtschaftung

- Förderung der Akzeptanz zur Flächendoppelnutzung, also die kombinierte Erzeugung erneuerbare Energien und die landwirtschaftlichen Erträge
- Multiplikator-Funktion in Bezug der Übertragbarkeit in der Region
- Etablierung eines Exkursions-Standort in der Weinbauregion Kaiserstuhl

Aus Sicht der Gemeinde Riegel

- Viti-PV Projekt als „Kommunales Leuchtturmprojekt“ im Handlungsfeld Erneuerbare Energien
- Positive Signalwirkung für den Ausbau weiterer erneuerbarer Energiepotentiale
- Wesentlicher Beitrag zum lokalen Klimaschutz

Aus der Sicht weiterer beteiligter Akteure

- Als erstes der geplanten Pilotprojekte in Deutschland können genossenschaftliche Beteiligungsmodelle von Winzer- und Energiegenossenschaften erprobt werden (zentraler Aspekt der Akzeptanzforschung).
- Die Entwicklung eines zukunftsorientierten Stromversorgungsmodells in Form einer gemeinwohlorientierten Erzeuger-Verbrauchergemeinschaft zur Stärkung der Energieversorgungssicherheit im ländlichen Raum ist integraler Bestandteil des Viti-PV Real-Labors Riegel. Das Projekt könnte hierbei wichtige Erkenntnisse im Hinblick auf die geplante Umsetzung der EU-Richtlinie zum „Energie-Sharing“ liefern.
- Die Viti-PV-Anlage hätte hohe Öffentlichkeits- und Werbewirksamkeit für alle beteiligten Akteure.

7. Danksagung

Diese Konzeptstudie *Agri-PV im Weinbau (Viti-PV) – Flächendoppelnutzung mit Viti-PV in der Weinbau-region Kaiserstuhl am Beispiel Riegel am Kaiserstuhl* wurde durch den **Innovationsfonds für Klima- und Wasserschutz der badenova** gefördert.

Das Projektteam von Viti-PV spricht der badenova ihren ausdrücklichen Dank aus – nicht nur für die Förderung selbst, sondern auch für das entgegengebrachte Verständnis und die gewährte Fristverlängerung, die notwendig wurde, da der ursprünglich vorgesehene Projektzeitraum nicht eingehalten werden konnte. Die Verlängerung ermöglichte es, die Studie in der vorliegenden Qualität und Tiefe abzuschließen.

Neben der Finanzierungsmöglichkeit, möchte sich das Projektteam herzlich bei allen Beteiligten bedanken, die durch ihre fachliche Expertise, ihr Engagement und ihre Offenheit zur Zusammenarbeit einen wesentlichen Beitrag zur Erstellung dieser Konzeptstudie geleistet haben.

Unser besonderer Dank gilt:

- der Gemeinde Riegel, vertreten durch den Bürgermeister und das Klimaschutzmanagement,
- dem Weinbauinstitut Freiburg (WBI),
- dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE),
- den Bürgerenergiegenossenschaft BürgerEnergie Kaiserstuhl und der Heidelberger Energiegenossenschaft,
- badenovaWÄRMEPLUS,
- Pascal Himmelsbach vom KIT,
- Naturschutzverbänden NABU und BUND,
- Hans-Jörg Vollmer von der INTECH GmbH & Co. KG,
- Edgar Gimbel von der GSUN GmbH,
- Whailex – WAGNER GMBH Hydraulik + Antrieb,
- PV-Sachverständige e.V. sowie
- der Wirtschaftsförderungsgesellschaft des Landkreises Emmendingen.

Ohne das gemeinsame Engagement dieser vielfältigen Akteur:innen, wäre die Erstellung dieser Konzeptstudie in dieser Form nicht möglich gewesen.

Literaturverzeichnis

- Abgeordnetenhaus Berlin (2021): Schriftliche Anfrage der Abgeordneten Bettina König (SPD) zum Thema: Bearbeitung von Bebauungsplanverfahren in den Berliner Bezirken. Berlin.
- Agostini, A. / Colauzzi, M. / Amaducci, S. (2021): Innovative Agrivoltaic Systems To Produce Sustainable Energy: An Economic and Environmental Assessment. Applied Energy 281,116102. – <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116102>, zuletzt aufgerufen am 24.09.2025
- Andreas Arnold, dpa-infocom GmbH (2019): Bundesweit Sonnebrand-Schäden bei Trauben nach Hitze. Bodenheim. https://www.t-online.de/region/id_86210238/bundesweit-sonnenbrand-schaeden-bei-trauben-nach-hitze.html, zuletzt aufgerufen am 20.04.2022
- Badische Zeitung (2023): Solarstromprojekt in Riegel: Rathaus wird damit fast autark. In: Badischen Zeitung, 21.01.2025. Freiburg. – <https://www.badische-zeitung.de/solarstromprojekt-in-riegel-rathaus-wird-damit-fast-autark>, zuletzt aufgerufen am 22.09.2025
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2013): Planung und Errichtung von Freiflächen- Photovoltaikanlagen in Trinkwasserschutzgebieten, Stand: Jan. 2013, Merkblatt Nr. 1.2/9. Augsburg.
- Bayrisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (2023): Unwetter: 60 Millionen Euro Schaden für Landwirte durch Hagel. – <https://www.wochenblatt-dlv.de/feld-stall/pflanzenbau/unwetter-60-millionen-euro-schaden-fuer-landwirte-hagel-573729>, zuletzt aufgerufen am 23.05.2025
- Beck, T. / von Rechenberg / Finke (2020): Viti-PV in Riegel. Projektarbeit im Rahmen der Fortbildung „Kommunales Klimaschutz- und Energiemanagement“. Institut für Fortbildung und Projektmanagement (ifpro) & fesa e.V., Freiburg.
- Beck, T., von Rechenberg, J., Finke, H. und Bobsien, A. (2020): Vertiefende Konzeptstudie – Viti-Photovoltaik in der Weinbauregion Kaiserstuhl. Projektantrag Badenova Innovationsfonds, Freiburg.
- BI Pro Landwirtschaft und Wald (2021): Kritisches. – <https://www.biprolandwirtschaft.de/kritisches/>, zuletzt aufgerufen am 02.10.2022
- bnNETZE GmbH (2021): Integriertes Klimaschutzkonzept der Gemeinde Riegel am Kaiserstuhl (2021): bnNETZE (2021): Energiepotentialstudie Gemeinde Riegel.
- Broska, L.H. et. al. (2022): On the Future(s) of Energy Communities in the German Energy Transition: A Derivation of Transformation Pathways. Sustainability 2022, 14, 3169. <https://doi.org/10.3390/su14063169>, zuletzt aufgerufen am 24.09.2025
- Bürgerenergie Kaiserstuhl eG (BEKA) (2023): Bürgerenergie Kaiserstuhl weiht ihre erste PV-Anlage in Riegel ein. Bahlingen am Kaiserstuhl. – <https://be-kaiserstuhl.de/aktuelles/2023/11/24/buergerenergie-kaiserstuhl-weiht-ihre-erste-pv-anlage-in-riegel-ein/>, zuletzt aufgerufen am 22.09.2025
- Bürgerwerke eG (o.J.): Ein Netzwerk für Bürgerenergie. Heidelberg. – <https://buergerwerke.de/ueberuns>, zuletzt aufgerufen am 24.09.2025
- bulwiengesa AG (2024): Dauer der Bebauungsplan-Verfahren in Berlin 2024. Berlin.
- BUND Regionalverband Südlicher Oberrhein (2016): Flächenverbrauch. – <http://www.bund-rvso.de/downloads/flaechenverbrauch-vortrag.pdf>, zuletzt aufgerufen am 02.10.2021

- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2020): Die Folgen des Klimawandels für den Weinbau. – <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/wie-arbeiten-foerster-und-pflanzenbauer/die-folgen-des-klimawandels-fuer-den-weinbau>, zuletzt aufgerufen am 14.03.2022
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Baugesetzbuch § 35 Bauen im Außenbereich – https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/_35.html, zuletzt aufgerufen am 05.01.2025
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Heimat (2024): Ackerbastrategie 2035 – Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau. Berlin.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2024): Das Solarpaket I im Überblick. Berlin. – https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/solarpaket-im-ueberblick.pdf?__blob=publicationFile&v=14, zuletzt aufgerufen am 22.07.2025
- Bury, T. (2015): Hagelschäden an Kaiserstuhl und Tuniberg treffen Weinbau und Obstkulturen hart. In: Badische Zeitung, 15.05.2015. Freiburg. – <https://www.badische-zeitung.de/hagelschaeden-an-kaiserstuhl-und-tuniberg-treffen-weinbau-und-obstkulturen-hart>, zuletzt aufgerufen am 23.05.2025
- Centrale Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk (2017): Akzeptanz für Erneuerbare Energien – Ein Leitfaden. Straubing.
- Dialogforum Energiewende und Naturschutz: <https://www.dialogforum-energie-natur.de/>, zuletzt aufgerufen am 27.03.2022
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2025): Auftaktsitzung zur Gründung eines DIN-Arbeitsausschusses zu Photovoltaik in der Landwirtschaft am 13. Mai 2025 bei DIN in Berlin. Berlin. – <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nal/auftaktsitzung-zur-gruendung-eines-din-arbeitsausschusses-zu-photovoltaik-in-der-landwirtschaft--1211286>, zuletzt aufgerufen am 29.09.2025
- DIN SPEC 91434: 2021-05 (2021): Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung.
- DUEHRSEN GmbH (2022): Krinner Schraubenfundamente. Thun. – <https://www.schattenspende.ch/technik/krinner-schraubfundamente/>, zuletzt aufgerufen am 30.01.2022
- EEG (2023): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien. Gesetzestext. Veröffentlicht auf der Webseite des Bundesministeriums für Justiz und Verbraucherschutz. – https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/index.html
- Elías, G.O. (2023): The social impact of energy communities: ten benefits they bring. Heinrich-Böll-Stiftung / internationale Community Energy Berichte. <https://pl.boell.org/en/2023/06/07/social-impact-energy-communities-ten-benefits-they-bring>, zuletzt aufgerufen am 24.09.2025
- Energiezukunft (2021): Photovoltaik und Landwirtschaft – Zukünftige Standards für Agri-PV nehmen Gestalt an – <https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/zukuenftige-standards-fuer-agri-pv-nehmen-gestalt-an/>, zuletzt aufgerufen am 22.07.2025

- Enkhardt, S. (2025a): Agri-Photovoltaik-Anlage fertig, aber nicht am Netz. In: pv magazin, 16.06.2025. Berlin. – https://www.pv-magazine.de/2025/06/16/agri-photovoltaik-anlage-fertig-aber-nicht-am-netz/?utm_source=chatgpt.com, zuletzt aufgerufen am 30.09.2025
- Enkhardt, S. (2025b): Metavolt: Drei Optionen für wirtschaftliche Agri-Photovoltaik-Anlagen. In: pv-magazin., 26.06.2025. Berlin. – <https://www.pv-magazine.de/2025/06/26/metavolt-drei-optionen-fuer-wirtschaftliche-agri-photovoltaik-anlagen/>, zuletzt aufgerufen am 23.09.2025
- ertex solartechnik GmbH (2022): Semitransparente Module. Amstetten – <https://www.ertex-solar.at/produkte/semitransparente-module/>, zuletzt aufgerufen am 13.04.2022
- Flieger, B. (2024): Energiegenossenschaften – Kennzeichen, Vorteile, Gründungsvorgehen und Kooperation mit Kommunen. Vortrag im Rahmen der Ausbildung zum Kommunalen Klimaschutz- und Energiemanagement (KEM) des Fortbildungsinstituts ifpro. Freiburg.
- Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2020a): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende – Ein Leitfaden für Deutschland, Stand: Okt. 2020. Freiburg.
- Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2020b): APV-Obstbau – Agri-Photovoltaik als Resilienzkonzept zur Anpassung an den Klimawandel im Obstbau. – <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/apv-obstbau.html>, zuletzt aufgerufen am 13.10.2022
- Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2021a): Durchführbarkeitsstudie: Zur Ermittlung möglicher Forschungs- und Demonstrationsfelder für Agri-Photovoltaik in Baden-Württemberg. Freiburg.
- Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2021b): Erste Agri-PV Anlage für CO₂-neutralen Obstanbau im Test. – <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2021/erste-agri-pv-anlage-fuer-co2-neutralen-obstanbau-im-test.html>, zuletzt zugegriffen am 29.12.2021
- Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2024): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende – Ein Leitfaden für Deutschland, Stand: Februar 2024. Freiburg.
- Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2025): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, Stand: Juni 2025. Freiburg. – www.pv-fakten.de, zuletzt aufgerufen am 26.07.2025
- Frontal 21 (2020): EEG-Reform torpediert Klimaschutz – Hürden für Hausbesitzer mit Solardach! Filmbeitrag. – <https://www.youtube.com/watch?v=KM7FZ0HbNQk>, zuletzt aufgerufen am 23.07.2023
- Gemeinde Riegel a.K. (2022): Integriertes Klimaschutzkonzept der Gemeinde Riegel – Teil 2 Klimaschutzziele und Maßnahmenkatalog. Riegel.
- Geisenheim (2021): Amtliche Bekanntmachung: AB 52/2021 Bauleitplanung der Hochschulstadt Geisenheim. Geisenheim – <https://www.geisenheim.de/artikel/amtliche-bekanntmachung/2021/juni/ab-52-2021-bauleitplanung-pv-versuchsanlage/>, zuletzt aufgerufen am 05.01.2022
- Gerhards, C. et. al. (2022): Agri-PV - Kombination von Landwirtschaft und Photovoltaik. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Schriftenreihe, Heft 1/2022. Dresden.

- Goetzberger, A./Zastrow A. (1981): Kartoffeln unter dem Kollektor. Sonnenenergie 3/81 (1981), S. 19 – 22 in: Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (2022): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende, 2. Auflage, April 2022, Freiburg.
- Greenhouse Media GmbH (2022): PV-Modul Größen im Überblick. Hamburg- <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/solarmodule/groesse>, zuletzt aufgerufen am 04.03.2022
- Haucap, J. et al. (2022): Strommarktdesign 2030. Die Förderung der erneuerbaren Energien wirksam und effizient gestalten. DOI: 10.48669/ESYS_2022-1.
- Helmholtz – Zentrum für Umweltforschung (2018): Landflächennutzungskonflikte. Leipzig. – <https://www.ufz.de/index.php?de=36011>, zuletzt aufgerufen am 20.04.2022
- Himmelsbach, M. (2025): Baden-Württemberg reformiert Baugenehmigungsverfahren für Erneuerbare. In: pv magazin, 17.04.2025. Berlin. – <https://www.pv-magazine.de/2025/04/17/baden-wuerttemberg-reformiert-baugenehmigungsverfahren-fuer-erneuerbare/>, zuletzt abgerufen am 22.06.2025
- Himmelsbach, P. (2021): Entwicklung und Bemessung einer Tragkonstruktion aus Robinienholz für eine Photovoltaik-Pilotanlage im Weinberg. Bachelorarbeit, Karlsruher Institut für Technologie. Karlsruhe.
- Hochschule Geisenheim (2023): Photovoltaik im Weinberg. – <https://www.hs-geisenheim.de/forschung/institute/allgemeiner-und-oekologischer-weinbau/ueberblick-institut-fuer-allgemeinen-und-oekologischen-weinbau/bewirtschaftung/agri-photovoltaik>, zuletzt aufgerufen am 25.05.2025
- Hofgemeinschaft Heggelbach eGbR/Heggelbach Süd EGbR (2025): Regenerative Energien. Heggelbach – <https://hofgemeinschaft-heggelbach.de/energie/>, zuletzt aufgerufen am 01.09.2025
- Holweg C. / Riedel M. (2019): Pflanzenkohle als Maßnahme gegen Nitratauswaschung im Weinbau. 3-jähriges Projekt in der Region Freiburg, gefördert von badenova Innovationsfonds für Klima- und Wasserschutz. – <https://www.badenova.de/ueber-uns/engagement/innovativ/innovationsfonds-projekte/pflanzenkohle-im-weinbau.jsp>, zuletzt aufgerufen am 08.03.2023
- ifpro & fesa e.V. (2018): „3K-Klimafit – Klimawandel, Klimafolgen und Klimaschutz für Winzer/Neben-erwerbsswinzer“ – Bildungsmodule 1-9 für Landwirtschaftliches Bildungszentrum (LBZ) Emmendingen.
- Infodienst Landwirtschaft – Ernährung – Ländlicher Raum (2020): Gebiet und Bevölkerung. – https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/,Lde/3650826_3651462_5405915_5378885_5378922_5384258_5384261?QUERYSTRING=Landwirtschaftsfl%26auml%3Bche+baden-w%26uuml%3Brttemberg, zuletzt aufgerufen am 02.10.2022
- INTECH GmbH & CO. KG (2021): Zuverlässige Solarenergie für jede Herausforderung. Kehl-AUenheim. – <https://intechcleanenergy.com/de/massgeschneiderte-photovoltaikloesungen-fuer-wasser-agrarflaechen-intech-clean-energy/>, zuletzt aufgerufen am 29.09.2025

- Kärtner, T. (2025): Hängepartie bei Solarpaket I und Biomassepaket. In: Deutscher Bauernverband (DBV), 08/2025. Berlin. – <https://www.bauernverband.de/topartikel/dbk-8-2025-haengepartie-bei-solarpaket-i-und-biomassepaket>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2025
- KBB GmbH Kommunalberatung Infrastrukturentwicklung (2025): Das Bebauungsplanverfahren. Baden-Baden. – <https://www.kbb-gesellschaft.de/fag>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2025
- Klodt, F. (2021): Das Potenzial von Hagelschutznetzen. In: Der Badische Winzer, Juli 2021.
- Korb, J. (2025): Agri-PV-Förderung weiter in der Schwebe – auch Stadtwerke betroffen. In: Zeitung für kommunale Wirtschaft (ZfK), 11.09.2025. München/Berlin. – <https://www.zfk.de/energie/strom/agri-pv-foerderung-weiter-in-der-schwebe-auch-stadtwerke-betroffen>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2025
- Ladach, M. (2020): Neue Sorten im Vergleich. DLR Rheinland-Pfalz. Der deutsche Weinbau, Ausgabe 03/2020. – https://piwi-international.de/wp-content/uploads/2020/04/2020_Maerz_Neue-Sorten-im-Vergleich-ddw.pdf Zuletzt aufgerufen am 02.10.2022
- Landesnenschutzverband Baden-Württemberg e.V. (2021): „Tag des Bodens“ am 5.12.2021. – <https://lnv-bw.de/tag-des-bodens-am-5-12-2021/>, zuletzt aufgerufen am 02.10.2022
- LoKlim (2021): Klimasteckbrief Gemeinde Riegel. Erstellt im Rahmen des Projektes „Lokale Strategien zur Klimawandelanpassung“. Universität Freiburg, zuletzt aufgerufen am 08.03.2023
- Leitner, H. & Czalou, G. (2018): Innovatives Seil-Tragsystem für Anwendungen in der Agro-Photovoltaik. 15. Symposium Energieinnovation. 14. Bis 16. Februar 2018. Technische Universität Graz. – https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Events/Eninnov2018/files/lf/Session_C6/461_LF_Leitner.pdf, zuletzt aufgerufen am 22.07.2023
- LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2012): Entwicklung eines Konzepts zum Monitoring von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen für einen Modellraum in Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2025): Monitoringbericht 2025 zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg. Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg. Factsheet R-LW-5.1 – <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10774>, zuletzt aufgerufen am 23.05.2025
- Lugo-Laguna, D. / Arcos-Vargas, A. / Nuñez-Hernandez, F. (2021): A European Assessment of the Solar Energy Cost: Key Factors and Optimal Technology. Sevilla. – <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3238>, zuletzt aufgerufen am 30.12.2021
- Messerschmidt, R. (2023): Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsanforderungen im Quartiersplanungsprozess Breite III Riegel. Vortrag bei der Fachtagung Klimaneutrale Bauleitplanung, am 18.1.2023, Landratsamt Emmendingen.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2022): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2021. Stuttgart.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2024): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2023. Stuttgart.

- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg / LUBW (2020): Monitoringbericht 2020 zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2023): Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg – Fortschreibung. Stuttgart.
- Munich Re (2018): Hagel – Eine unterschätzte, zunehmende Gefahr. – <https://www.munichre.com/de/insights/natural-disaster-and-climate-change/hail.html>, zuletzt aufgerufen am 23.05.2025
- Öko-Institut e.V. (2019): Fortschreibung Klimaschutzkonzept Freiburg – 2019. Freiburg.
- Pataczek, L. et. al. (2021): Meta-Analysis: Yield Responses Differ Between Crops and Shade Levels. Center for Organic Farming University of Hohenheim. Agrivoltaics World Conference 2021. Freiburg.
- Parlow, E. (2016): Regionale Klimaveränderungen und sich daraus ergebende Auswirkungen auf das Stadtklima, Schwerpunkt Region Oberrhein. – https://www.fortbildung-klimawandel.de/wp-content/uploads/2016/08/Vortrag-1.Seminar_1_Prof-Parlow.compressed.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.4.2020
- Pillatzke J. (2024): Staatliches Weinbauinstitut (WBI). Freiburg.
- Rädler, A. et. al. (2018): Detecting Severe Weather Trends Using an Additive Regressive Convective Hazard Model (ARCHaMo). J. Appl. Meteor. Climatol., DOI:10.1175/JAMC-D-17-0132.1
- Radtke, J. (2025): Barriers and benefits of public participation in energy transitions: A meta-analysis of empirical evidence from Central Europe. Renewable and sustainable energy reviews, 221: 115693
- Regierungspräsidium Freiburg (2009): Der Kaiserstuhl – Einzigartige Löss- und Vulkanlandschaft am Oberrhein. Freiburg.
- Rem Tec (2020): Agrovoltaik. – <https://www.remtec.energy/en/agrovoltaico/>, zuletzt aufgerufen am 29.12.2021
- Riemer, J. (2023): Agri-Photovoltaik im Weinbau – Praxisbeispiel anhand eines Weinberges in Steillage an der Mosel. Bachelorarbeit, Hochschule Trier. Trier.
- Sánchez Molina, P. (2021). Neuer Tracker aus Spanien speziell für Agri-Photovoltaik. In: pv magazin. Berlin, 15.10.2021. – <https://www.pv-magazine.de/2021/10/15/neuer-tracker-aus-spanien-spezell-fuer-agro-photovoltaik/>, zuletzt aufgerufen am 29.12.2021
- Scharf, J. / Grieb, M. / Fritz, M. (2021): Agri-Photovoltaik – Stand und offene Fragen. Berichte aus dem TFZ 73. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ). Straubing.
- Scharff, M (2009): Kammertbau – Zur Geschichte einer Reberziehung unter besonderer Berücksichtigung der Pfalz, in: www.regionalgeschichte.net, 10.03.2009. URN: [urn:nbn:de:0291-rzd-007746-20202312-0](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0291-rzd-007746-20202312-0)
- Schindele, S. et. al. (2020): Implementation of Agrophotovoltaics: Techno-Economic Analysis of the Price-Performance Ratio and Its Policy Implications. Applied Energy 265, 114737. – <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>, zuletzt aufgerufen am 24.09.2025

- Schindele, S. (2021): Feldfrüchte und Strom von Agrarflächen: Was ist Agri-Photovoltaik und was kann sie leisten? In: GAIA 30/2, S. 87– 95
- Seitz, R. (2022): Riegel kooperiert mit der Bürgerenergie Kaiserstuhl. In: Badischen Zeitung, 07.10.2022. Freiburg. – <https://www.badische-zeitung.de/riegel-kooperiert-mit-der-buergerenergie-kaiserstuhl>. Zuletzt aufgerufen am 22.09.2025
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2025): Riegel am Kaiserstuhl. – <https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/Bevoelkerung/01035055.tab?R=>, zuletzt aufgerufen am 27.03.2025
- Solarnenergie.de (2021): Dünnschicht-Solarmodule: Pro & Contra. – <https://www.solarenergie.de/solarmodule/arten/duennschicht-solarmodule>, zuletzt aufgerufen am 23.07.2025
- Solarenergie.de (2025): Bifaziale Module – beidseitig PV-aktive Solarmodule. – <https://www.solarenergie.de/solarmodule/arten/bifaziale-module>, zuletzt aufgerufen am 23.07.2025
- Solarserver (2023): Photovoltaik: Dünnschicht-Röhren-Hersteller Tubesolar gibt auf. – <https://www.solarserver.de/2023/09/01/photovoltaik-duennschicht-roehren-hersteller-tubesolar-gibt-auf/>, zuletzt aufgerufen am 23.07.2025
- SOLARWATT GmbH (2022a): Bifaziale Module – beidseitig PV-aktive Solarmodule. Dresden. - <https://solarenergie.de/solarmodule/arten/bifaziale-module>, zuletzt aufgerufen am 05.03.2022
- SOLARWATT GmbH (2022b): Dünnschicht-Module: Pro & Contra. Dresden. – <https://solarenergie.de/solarmodule/arten/duennschicht-solarmodule>, zuletzt aufgerufen am 05.03.2022
- Stock, M. (2006): Veränderung des Klimas und Auswirkungen auf den europäischen Weinbau. Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Vortrag in Breisach am 16.11.2006
- Sun’Agi (2021): Technologie: Unser Mehrwert: Algorithmen zur Optimierung des Pflanzenwohls und der Positionierung von Sonnenschutzlamellen. – <https://sunagri.fr/en/our-solution/technology/>, zuletzt aufgerufen am 30.12.2021
- TEWIWA (2022): Bifaziale Module. – <https://tewiwa.com/blogs/news/bifaziale-module>, zuletzt aufgerufen am 13.10.2022
- Tiffon Terrade, B. et.al. (2021): Does Shading Affect Grape Quality at Harvest in Agrivoltaic Systems? SunAgri-3, Agrivoltaics World Conference 2021. Freiburg.
- Trommsdorff, M. (2022): Agri-Photovoltaik: Stand der Entwicklung und Möglichkeiten zur Skalierung. Vortrag auf dem DAFA-Strategieforum „Landnutzung im Wandel“, Berlin. – https://www.dafa.de/wp-content/uploads/DAFA_SF22_Trommsdorff.pdf, zuletzt aufgerufen am 24.09.2025
- Umweltbundesamt (2021): Anpassung: regional und sektoral. – <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel/anpassung-auf-laenderebene/handlungsfeldlandwirtschaft>, zuletzt aufgerufen am 23.05.2025
- Vereinigte Hagelversicherung VvaG (2023): Schweres Hagelunwetter im Markgräflerland. Mitteilung auf der Webseite der Versicherung „Vereinigte Hagel“. – <https://vereinigte-hagel.net/de/vereinigte-hagel/schweres-hagelunwetter-im-markgraeflerland/>, zuletzt aufgerufen am 23.05.2025

- Wattendorf, P. et. al. (2012): Entwicklung eines Konzepts zum Monitoring von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen für einen Modellraum in Baden-Württemberg. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- Weinbau 4.0 (2023): Kompetenzzentrum der Wirtschaftsförderungsgesellschaft des Landkreises Emmendingen mbH. – <https://www.wfg-landkreis-emmendingen.de/de/projekte/weinbau-40/mehrueber-das-kompetenzzentrum-weinbau-40#c9048>, zuletzt aufgerufen am 25.05.2025
- Weinmann, E. et. al. (2012): Maßnahmen zur Vermeidung von Hagelschäden. In: Das deutsche Weinmagazin 8/21.04.2012.
- WFG Landkreis Emmendingen (2020): „Weinbau 4.0“ – Projektbeschreibung für den Landeswettbewerb RegioWIN 2030. Wirtschaftsförderung Landkreis Emmendingen, Emmendingen.
- WFG Landkreis Emmendingen (2021): „Weinbau 4.0“ – Teilprojekt 6 Bürger-Viti-PV Riegel. Projektbeschreibung Antragsstufe 2. Wirtschaftsförderung Landkreis Emmendingen, Emmendingen.
- Whailex – WAGNER GMBH Hydraulik + Antrieb (2025): Schutznetze im Weinbau. – <https://www.whailex.com/schutznetze-im-weinbau/>, zuletzt aufgerufen am 23.05.2025
- Winter, T. (2021): Agrivoltaics in India. IGEF-SO. AIP Conference Proceedings 14-16.06.2021.
- Winzergenossenschaft Riegel eG (2024): Jahresbericht 2024. Riegel.
- Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2021): 24 Leuchtturmprojekte im Wettbewerb RegioWIN 2030 prämiert. – <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/24-leuchtturmprojekte-im-wettbewerb-regiowin-2030-praemiert/>, zuletzt aufgerufen am 21.06.2025
- Wittke, M. (2023): An economic analysis of the integration of agrivoltaics in viticulture. Masterarbeit, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Bonn.
- Wolf Systembau Gesellschaft m.b.H. (2025): Betonlose Fundamente. Scharnstein.– <https://www.wolfssystem.at/produktsparten/agrarbau/fundamente/betonlose-fundamente>, zuletzt aufgerufen am 01.09.2025
- Wydra, K. (2022): Innovative PV-Nutzungssysteme als Mehrwert für Landwirtschaft und Ökosystem?! Vortrag Brandenburg. Fachhochschule Erfurt.
- WZO (2025): Riesiges Potenzial für den Kaiserstuhl. Artikel in der Ausgabe des Kaiserstühler Wochenberichts. Bad Krotzingen. – <https://wzo.de/kaiserstuehler-wochenbericht/riesiges-potenzial-fuer-den-kaiserstuhl/>, zuletzt aufgerufen am 22.09.2025
- Zink, G. (2019): Hagelflieger für Kaiserstuhl und Tuniberg. In: Badische Zeitung, 15.05.2019. Freiburg. – <https://www.badische-zeitung.de/hagelflieger-fuer-kaiserstuhl-und-tuniberg>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2025

Anhang

1. Pressebericht 18.11.2020 – Badische Zeitung.....	ii
2. Pressebericht 19.05.2021 – Badische Zeitung.....	vi
3. Pressebericht 21.05.2021 – Kaiserstühler Wochenbericht.....	x
4. Pressebericht 16.06.2021 – Badische Zeitung.....	xi
5. Pressebericht 15.08.2021 – Klimanetzwerk Riegel	xiv
6. Pressebericht 24.10.2021 – Netzwerk Südbaden	xv
7. Pressebericht 07.04.2022 – Badische Zeitung.....	xxi
8. Viti-PV Steckbrief Blankenhornsberg	xxv
9. Viti-PV Steckbrief Geisenheim.....	xxvi
10. Viti-PV Steckbrief Munzingen	xxvii

1. Pressebericht 18.11.2020 – Badische Zeitung

Pilotanlage soll Solarstrom aus dem Weinberg liefern und Flächen doppelt nutzen

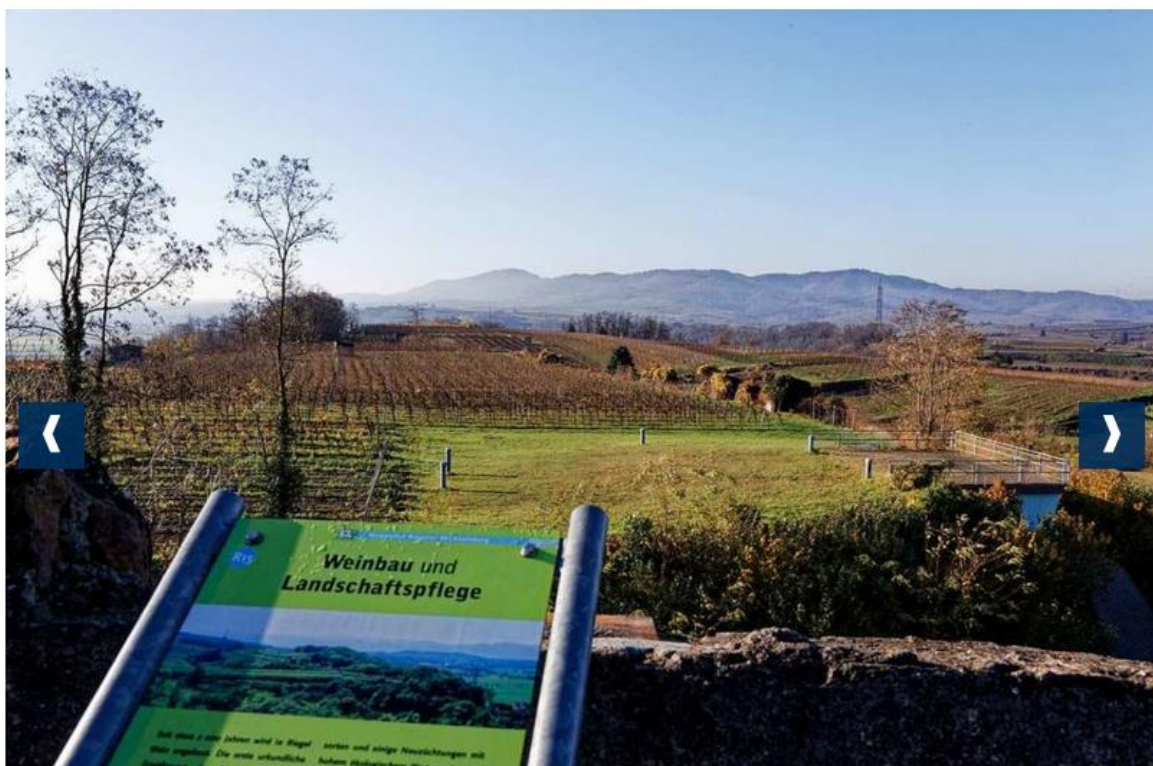


Von Martin Wendel

Mi, 18. November 2020 um 18:00 Uhr

Riegel

BZ-Plus | Solarstrom und Trauben von derselben Fläche – das strebt ein Projektteam von drei angehenden Energie- und Klimaschutzmanagern mit einer Pilotanlage auf dem Michaelsberg bei Riegel an.



Auf dem Plateau auf dem Riegeler Michaelsberg könnte eine Pilotanlage für Agri-Photovoltaik in Weinbergen entstehen. Der Wasserhochbehälter böte kurze Wege zur Einspeisung des regenerativ erzeugten Stroms.

Agri-Photovoltaik – dahinter verbirgt sich die doppelte Nutzung landwirtschaftlicher Flächen: für den Anbau von Lebensmitteln und die Erzeugung von Solarstrom. Das wird bereits in Modellanlagen auf Ackerbauflächen getestet – zum Beispiel am Bodensee, aber auch bei Denzlingen. In Riegel könnte eine Pilotanlage in Kombination mit Weinbau entstehen.

Projektarbeit zum Abschluss einer Fortbildung

Drei Absolventen einer berufsbegleitenden Fortbildung zum Kommunalen Energie- und Klimamanagement entwickeln mit der Gemeinde Riegel derzeit ein solches Projekt. Das Team stellte sein Vorhaben jetzt in einer Videokonferenz des Arbeitskreises Energie und des Klimaschutzmanagements der Stadt Emdingen vor. Es entsteht als abschließende Projektarbeit der Kursabsolventen.

Konflikt bei Nutzung vorhandener Flächen entschärfen

Photovoltaik auf Agrarflächen soll ein Baustein für den Ausbau erneuerbarer Energien sein, um die Energiewende voranzubringen. Denn weder die verfügbaren Dachflächen noch Freiflächen reichen nach Darstellung des Projektteams aus, um in Zukunft genügend Solarstrom zu erzeugen. Gleichzeitig gebe es einen Nutzungskonflikt bei den Flächen. Der Bedarf an erneuerbaren Energien steige ebenso wie der an landwirtschaftlicher Nutzfläche, die aber durchwachsenden Bedarf an Wohnfläche schrumpfe.

Stromerzeugung und Schutz für Pflanzen

Ein Ausweg aus diesem Konflikt könnte nach Einschätzung von Experten die Doppelnutzung von Flächen sein: Solaranlagen, die auf Gestellen mehrere Meter über dem Boden montiert werden – locker auf Abstand, um den Pflanzen darunter genug Licht zu bieten, aber auch Schutz – zum Beispiel vor Hagel oder zu starker Sonneneinstrahlung. Und der immer größeren Trockenheit im Zuge des Klimawandels könnte nicht nur die geringere Verdunstung entgegenwirken, sondern auch die Kombination von Photovoltaik und Bewässerungsanlagen. Die klimatischen Veränderungen seien nicht mehr aufzuhalten, so die Initiatoren; daher müsse es um Klimaanpassung gehen.

Erste Erfahrungen aus Südfrankreich

Die Nutzung von Agri-Photovoltaik (APV) in Weinbergen ist hierzulande noch Neuland. Auch im Ausland gibt es laut Projektteam erst einige wenige Anlagen. Eine 84-Kilowatt-Anlage mit gut vier Metern Höhe läuft in Südostfrankreich. Erste Resultate: Der Wasserbedarf sank zwischen 12 und 34 Prozent, das Aroma der Weine verbesserte sich.

Winzer lieferte den Anstoß fürs Projekt

Der Anstoß zu den Plänen in Riegel sei von einem Winzer gekommen, so das Projektteam. Zur Verfügung stünde eine Rebfläche auf dem Plateau des Michaelsbergs. Die Anlage könnte zwischen 15 bis 35 Kilowatt peak leisten auf 250 bis 500 Quadratmetern Fläche – je nachdem, wie viel nicht überbaute Vergleichsfläche notwendig wäre. Ein grundsätzliches Problem von APV-Anlagen wäre dort schon gelöst: der Anschluss ans Stromnetz. Der ist beim nahen Wasserhochbehälter vorhanden und würde laut Projektteam eine Einspeisung von rund 30 Kilowatt ermöglichen. Weiterer Vorteil: Die ebene Fläche macht die Konstruktion leichter.

Erweiterte Konzeptstudie soll Details klären

Die genaue technische Ausführung ist noch nicht klar. Günstige, gebrauchte Module oder teure semi-transparente Elemente, Holz- oder Stahlkonstruktion, eine elektronische Steuerung zur veränderbaren Ausrichtung der Module – diese und weitere Fragen, auch zur Wirtschaftlichkeit, sollen in einer erweiterten Konzeptstudie geprüft und geklärt werden, für die der Förderantrag bereits gestellt sei. Man wolle kein Großprojekt, sondern eine kleine, praxisorientierte Lösung. Da es noch keine vergleichbaren Anlagen gebe, müssten auch die Anforderungen des Weinbaus in die Prüfung der technischen Machbarkeit einfließen. Für Winzer könnte eine solche Anlage durch ihre Erträge auch zur Sicherung des Einkommens beitragen. Welche Größe im Verhältnis zu den Fixkosten Sinn mache, solle die Studie zeigen. Auch die denkbaren Geschäfts- und Betreibermodelle gelte es zu prüfen. Die Fördermöglichkeiten für eine APV-Anlage im Weinberg beziffert das Projektteam auf 50 bis 80 Prozent.

Fraunhofer-Institut und weitere Projektpartner

Die Gemeinde Riegel ist zentraler Projektpartner. Wegen baurechtlicher Fragen steht das Team mit dem Landkreis Emmendingen in Kontakt. Bei den wissenschaftlichen Fragen arbeiten die Initiatoren mit dem Weinbauinstitut in Freiburg und dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme zusammen. Weitere Partner sind der Verein Solare Zukunft für die pädagogische Begleitung sowie Sachverständige und Ingenieurbüros. Für das Projektteam ist die angestrebte Konzeptstudie "eine ergebnisoffene Arbeit mit Wunschziel". Erweise sich das Projekt als machbar und wirtschaftlich, wolle man im Herbst 2021 den Förderantrag für den Bau stellen. Falle die Studie negativ aus, sei das Thema erledigt.

Projektvorstellung stößt auf großes Interesse

Bei den Teilnehmern der Videokonferenz – darunter auch Mitglieder von Bürgerenergiegenossenschaften und Winzer – stieß das Projekt auf großes Interesse. Bei zahlreichen Fragen musste das Projektteam auf die noch erforderliche Studie verweisen. Ziel sei es, die Anlage verträglich ins Landschaftsbild zu integrieren.

Aus Sicht des AK Energie und der Bürger-Energiegenossenschaft Endingen nannte Achim Lott das Projekt grundsätzlich unterstützenswert. Nun müsse man die weitere Entwicklung abwarten.



Ein Mähdrescher im Einsatz unter den in fünf Meter Höhe montierten Solarpanelen der Modellanlage in Heggelbach am Bodensee. Foto: Hilber Solar

2. Pressebericht 19.05.2021 – Badische Zeitung

BZ•medien

Wetter | Kontakt | Meine BZ | Anmelden

Badische Zeitung

BZ-eZeitung | BZ-App | BZ-Smart | [Abonnieren](#)



BZ-Digital Premium
mit 75 € Prämie sichern!

[Start](#) [Coronavirus](#) [Lokales](#) [Nachrichten](#) [Sport](#) [Meinung](#) [Freizeit](#) [Ratgeber](#) [Abo & Service](#) [Jobs](#) [Anzeigen](#)

[Freiburg](#) [Breisgau](#) [Emmendingen](#) [Kaiserstuhl](#) [Lörrach](#) [Markgräflerland](#) [Ortenau](#) [Schwarzwald](#) [Waldshut](#) [Gastronomie](#) [Polizei](#)
[Riegel](#)

Wie Flächen im Weinberg künftig klimafreundlich doppelt genutzt werden könnten



Von Ruth Seitz

Mi, 19. Mai 2021 um 07:00 Uhr

Riegel

BZ-Plus | Bessere Erträge für die Winzer, Schutz vor Extremwetter und obendrein ein Beitrag zum Klimaschutz – ob sich all das verbinden lässt, soll ein Photovoltaik-Projekt bei Riegel zeigen.



Freuen sich auf das geplante Solarstrom-Projekt in den Weinbergen bei Riegel: von links Klimaschutzmanagerin Irina Wellige, Armin Bobsien, Jana von Rechenberg, Hannah Finke, Timo Beck und Bürgermeister Daniel Kietz.

Foto: Ruth Seitz

Die Idee ist bestechend: Unten wachsen Reben oder Kartoffeln, oben drüber erzeugen Solarpaneele Strom – Agriphotovoltaik nennt sich die doppelte Nutzung von Flächen zur Lebensmittelproduktion einerseits und zur Produktion von Solarstrom andererseits. Eine Projektgruppe ist derzeit dabei, das Vorhaben mit besonderem Blick auf den Weinbau auf Herz und Nieren zu prüfen: Wie groß ist der landwirtschaftliche Nutzen? Wie müssen die technischen Voraussetzungen und wie die finanziellen Möglichkeiten? Gebaut werden soll der Prototyp auf einem Rebgrundstück auf dem Michaelsberg.

Suche nach Lösungen für großen Flächenbedarf

„Wir sprechen dabei von einer Anlage von der Größe eines Carports“, betonte Armin Bobsien, Ideengeber und Initiator des Projekts, beim Pressegespräch am Montag in Riegel. Bobsien ist Klimaschutzmanager der Stadt Emmendingen und Riegeler Bürger. Er stellt auch das Rebgrundstück auf dem Michaelsberg für die Anlage zur Verfügung.

Der Flächenverbrauch für neue Baugebiete ist enorm. Andererseits braucht die Landwirtschaft immer mehr Flächen, um Lebensmittel für immer mehr Menschen zu produzieren. Gleichzeitig schreitet der Klimawandel unaufhaltsam voran. Flächen doppelt zu nutzen liegt somit auf der Hand. Irina Wellige, Riegels Klimaschutzmanagerin, die derzeit mit der Erstellung des Klimaschutzkonzepts beschäftigt ist, erklärte am Montag, dass alle Riegeler Dachflächen für die Erzeugung von Solarstrom nicht ausreichen würden, um den Strombedarf der Gemeinde zu decken. Dafür seien zusätzlich Freiflächen nötig.

Arbeit an Machbarkeitsstudie beginnt

Die Projektgruppe Viti PV Riegel mit Timo Beck, Jana von Rechenberg, Hannah Finke und Armin Bobsien wird bei der Erstellung der Machbarkeitsstudie von der Gemeinde Riegel, dem Weinbauinstitut und dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme begleitet und unterstützt. Fördergelder sind auch in Aussicht, unter anderem aus dem Innovationsfonds der Badenova. Am Montag traf sich die Projektgruppe mit Mitarbeitern des Weinbauinstituts und des Fraunhofer Instituts zum Informationsaustausch und um das Grundstück auf dem Michaelsberg in Augenschein zu nehmen.

Nutzen für die Winzer und fürs Klima

Mit dem Solarstromprojekt im Weinberg soll zum einen der Flächennutzungskonflikt entschärft werden, zum anderen sollen die Reben vor Extremwettern geschützt werden und als drittes soll das Vorhaben einen Beitrag zur Energiewende leisten, betonte Timo Beck. "Die Anlage soll vor allen Dingen einen Nutzen für die Winzer bringen", bekräftigte auch Jana von Rechenberg. Die Folgen, die die immer extremeren Wettererscheinungen für die Winzer haben, sind bekannt: Hagelschläge, extreme Sonne oder sonstige Wetterereignisse können zu großen Ertrags- oder Qualitätseinbußen führen.

Großen Wert legt das Projektteam auch darauf, "die Anlage optisch schön ins Landschaftsbild einzubetten", erklärte Hannah Finke, beispielsweise mit einer Holzunterkonstruktion. Entsprechende Kontakte mit Fachleuten seien geknüpft. "Wir wollen nichts Massives in die Landschaft stellen, wir wollen etwas Schmuckes, Kleines, das den Winzern hilft, und wir wollen dazu beitragen, das Klima zu schützen."

Pilotanlage als "erster kreativer Versuch"

Dass es bislang eine solche Anlage nirgendwo in Deutschland gibt, stelle für die ergebnisoffene Machbarkeitsstudie eine große Herausforderung dar, da es bislang keinerlei Erfahrungswerte gebe, betonte Timo Beck. Solche Anlagen seien auch in anderen Weinbauregionen kaum zu finden. Bis zum Jahresende, so der momentane Zeitplan, soll die Studie vorliegen und abgeschlossen sein. "Das ist ein erster, kreativer Versuch", erklärte Armin Bobsien das Vorhaben der Pilotanlage abschließend.

Bürgermeister Kietz: So kommt Klimaschutz in die Breite

Bürgermeister Daniel Kietz betonte, die Gemeinde unterstütze das Vorhaben und ein möglicher Synergieeffekt zwischen Landwirtschaft und Klimaschutz könne eine spannende Sache sein. Dennoch gebe es noch viele Fragen zu beantworten. Er sei überrascht gewesen, als das Thema an die Gemeinde herangetragen worden sei. Eine Kommune könne nicht alle Themen bearbeiten und er freue sich über alle engagierten Bürger, die Projekte vorantreiben. Kietz: "So kommt Klimaschutz in die Breite." Zu bedenken sei auch, "dass wir jeden Quadratmeter, den wir haben, nur einmal vergeben können", so der Bürgermeister weiter. Es brauche ganz sicher einige Jahre, bis das Projekt die richtigen Erkenntnisse bringe. Für ihn stehe außer Frage, dass die Notwendigkeit, neue Wege zu beschreiten, in Kürze erkennbar werde. Das Bewusstsein der Bürger müsse sich wandeln, er sei sich sicher, dass in kurzer Zeit ganz viel passieren werde, meinte Daniel Kietz und erinnerte in diesem Zusammenhang an die Diskussion um die Solarpflicht auf den Dächern.

Würden sich Bürger wegen solcher Anlagen am Landschaftsbild stören, dann müsse man sich damit auseinandersetzen. Angesichts des für Klimafragen aufgeschlossenen Gemeinderats und einem aktiven Klimanetzwerk sei das Projekt in Riegel gut aufgehoben, befand der Bürgermeister abschließend.

Ressort: **Riegel**

Zum Artikel aus der gedruckten BZ vom Mi, 19. Mai 2021:

„Dachflächen allein werden zur Versorgung nicht ausreichen“

Projektgruppe Viti-PV Riegel untersucht, wie Solarstrom und Wein von derselben Fläche gewonnen werden können

Riegel (bos). Die Projektgruppe Viti-PV Riegel untersucht in einer Konzeptstudie, ob es möglich ist, eine Photovoltaikanlage in einem bewirtschafteten Weinberg in Riegel zur doppelten Flächennutzung zu installieren. Bis zum Jahresende sollen die Ergebnisse vorliegen. Das Projekt ist in dieser Form einzigartig in Deutschland.

Die Gemeinde Riegel unterstützt gemeinsam mit dem Weinbauinstitut Freiburg (WBI) und dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) sowie weiteren Beteiligten die Erstellung der Konzeptstudie, die vor dem möglichen Bau einer solchen Pilotanlage zunächst die landwirtschaftliche, technische und finanzielle Machbarkeit detailliert und ergebnisoffen überprüft. Agri-Photovoltaik wird die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für den Anbau von Lebensmitteln bei gleichzeitiger Erzeugung von Solarstrom genannt. In Modellanlagen auf Ackerbauflächen wird bereits getestet, ob dies gelingen kann. Auch im Landkreis Emmendingen gibt es eine solche Anlage bei Denzlingen. Die Kombination von Weinbau und Solarenergie hat hingegen Pilotcharakter



Irina Wellige (links) mit dem Projektteam, bestehend aus Armin Bobsien, Jana von Rechenberg, Hannah Finke und Timo Beck (v.l.), rechts Daniel Kietz.

Foto: Martin Bos

in Deutschland. Jana von Rechenberg, Dr. Hannah Finke und Timo Beck arbeiteten als Absolventen einer berufsbegleitenden Fortbildung zum Kommunalen Energie- und Klimamanagement im letzten Jahr an dem spannenden Projekt. Nach Riegel kam dieses durch Emmendingens Klimamanager Armin Bobsien, der im Ort wohnt und als Winzer Rebflächen auf dem Plateau des Michaelsbergs besitzt. Ausgearbeitet wurde ein Förderantrag zur Machbarkeits- und Konzeptstudie.

Positiv beschieden wurde dieser Förderantrag vom Badenova Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz. So können die Untersuchungen zur Photovoltaikanlage auf dem Riegeler Weinberg weitergehen. Das vierköpfige Projektteam arbeitet überwiegend ehrenamtlich und nebenberuflich, zum Jahresende soll eine detaillierte Machbarkeitsstudie vorliegen.

Klimaschutz der Gemeinde

Im Rahmen einer Kickoff-Veranstaltung zur Machbarkeitsstudie am

Montag erklärte Riegels Bürgermeister Daniel Kietz, dass die Gemeinde beim Klimaschutz Schwerpunktthemen setzen müsse. „Umso mehr freuen wir uns, wenn von verschiedenen Seiten Ideen und Projekte angestoßen werden, das Thema Klimaschutz muss in die Breite gehen.“ Riegels Klimaschutzmanagerin Irina Wellige sagte, dass das größte Potential bei der Reduzierung des CO₂-Ausstoßes in der Solarenergie liege. „Doch es zeigt sich, dass die Dachflächen nicht zur kompletten Deckung des Energiebedarfs ausreichen.“ Es brauche auch Freiflächen dazu. Das vorgelegte Projekt zur doppelten Flächennutzung integriere sich in die Klimaschutzmaßnahmen. Kietz sagte, dass der anfangs „skeptisch“ gewesen sei. „Aber letztendlich hat das Projekt Charme, aus der gleichen Fläche landwirtschaftliche Erträge und Solarenergie gewinnen zu können.“ Auch von Rechenberg verwies bei der Projektvorstellung auf den grundlegenden Nutzungskonflikt bei den vorhandenen Flächen hin. „Der Bedarf an erneuerbaren Energien steigt, aber auch der an landwirtschaftlicher Nutzfläche“. Diese wiederum schrumpfe durch den wachsenden Bedarf an Wohnfläche.

Nutzen für Winzer

Finke erklärte, dass das Hauptanliegen des Projektes sei, Nutzen für Winzer zu schaffen. Der Klimawandel mit Extremwetterereignissen verlange Anpassungen. Solaranlagen, die auf zwei bis drei Meter hohen Gestellen über dem Boden montiert werden, können den Reben darunter genug Licht bieten, aber auch Schutz vor Hagel oder zu starker Sonneneinstrahlung. Pilotprojekte in Frankreich oder Spanien hätten gezeigt, dass mit Solaranlagen über Reben sich das Aroma der Trauben verbessern könne und der Wasserbedarf der Pflanzen sinke. „Wir wollen eine solche Konstruktion optisch schön in das Landschaftsbild einbetten“, sagte Beck.

Das Projektteam denke an eine Holzkonstruktion. „Alles soll mit lokalen Akteuren durchgeführt werden.“ Für das Pilotprojekt sei eine Fläche von der Größe einer Hausdachanlage angedacht, „das wird kein großes Ding“. Bobsien sagte, dass bei dem Projekt kreative neue Wege beschritten werden. „Es wird im Kleinen ausprobiert, was funktioniert.“ Entstehen könnte am Michaelsberg eine Art Bildungsstandort, an dem man mit der Bevölkerung in

Austausch kommen wolle. Das Projektteam ist froh, auch auf die Expertise vom Weinbauinstitut in Freiburg und dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme zurückgreifen zu können.

Neue Wege beschreiten

Die Machbarkeitsstudie wird sich in den kommenden Monaten mit technischen Fragen rund um die Konstruktion befassen, mit verschiedenen Betreibermodellen und Fragen der wirtschaftlichen Darstellbarkeit des Projekts. Ein besonders wichtiger Punkt wird die Weinqualität sein. Beck erklärte, dass im Falle eines positiven Ergebnisses der Machbarkeitsstudie die Ausschreibungen für die Umsetzung beginnen. „Die Pilotanlage müsste mit Fördermitteln finanziert werden.“ Auf die Gemeinde Riegel kommen keine Kosten zu. „Noch sind viele Fragen offen, wir werden sicher nicht unter allen Umständen die Pilotanlage bauen, sondern arbeiten ergebnisoffen.“ Bürgermeister Kietz sagte, er sehe in Riegel „kein Akzeptanzproblem“ für die Pilotanlage. Viele Bürger engagierten sich beispielsweise im Klimanetzwerk. „Ich glaube, das Projekt ist in Riegel gut aufgehoben.“

4. Pressebericht 16.06.2021 – Badische Zeitung

BZ medien

Wetter | Kontakt | Meine BZ | Abmelden

Badische Zeitung

BZ-eZeitung | BZ-App | BZ-Smart | [Abonnieren](#)

[Start](#) [Coronavirus](#) [Lokales](#) [Nachrichten](#) [Sport](#) [Meinung](#) [Freizeit](#) [Ratgeber](#) [Abo & Service](#) [Jobs](#) [Anzeigen](#) 

[Freiburg](#) [Breisgau](#) [Emmendingen](#) [Kaiserstuhl](#) [Lörrach](#) [Markgräflerland](#) [Ortenau](#) [Schwarzwald](#) [Waldshut](#) [Gastronomie](#) [Polizei](#)

Weinbau

Mit der Drohnen geht es zur Arbeit in den Weinberg



Von [Benedikt Sommer](#)

Mi, 16. Juni 2021 um 08:00 Uhr

[Emmendingen](#)

Das Projekt Weinbau 4.0 der Emmendinger Wirtschaftsförderung, ausgezeichnet vom Land, geht jetzt an den Start. Zukünftig sollen verschiedene Arbeiten im Weinberg unter anderem mit der Drohne erfolgen.



Arbeit im Weinberg mit der Drohne, Udo Opel zeigt, wie es geht. Foto: Benedikt Sommer

Bei dem von den Emmendinger Wirtschaftsförderern Thorsten Kille und Robin Derdau initiierten und betreuten Projekt, bei dessen Konzeption in mehreren Workshops bereits rund 300 Akteure beteiligt waren, wirken zahlreiche Partner mit, darunter die Sick AG, Robot Makers und die ZG Raiffeisen Landwirtschaft Digital 4.0 GmbH, aber etwa auch die Winzergenossenschaften aus dem Glottertal und aus Durbach. Ziel sei es, die technologische Kompetenz der Region für den Weinbau nutzbar zu machen und in den Landkreisen Emmendingen und der Ortenau ein Kompetenzzentrum aufzubauen, so Landrat Hanno Hurth. Dadurch leiste man einen maßgeblichen Beitrag für die Zukunftsfähigkeit des Weinbaus. Die Gesamtkosten der Maßnahme belaufen sich auf 5,2 Millionen Euro, davon werden rund drei Millionen Euro durch Fördermittel des Landes und der EU finanziert.

Drohnen, Automatisierung, Photovoltaik

In den kommenden fünf Jahren sollen die drei Schwerpunkte des Projekts dem traditionellen Weinbau innovative Impulse geben: der Einsatz von Drohnen, die Automation und die Erzeugung von Energie durch Photovoltaik im Weinberg. Drohnen sind in der Landwirtschaft schon seit einigen Jahren ein Thema. Nach Daniel Keller von der ZG Raiffeisen fehle es aktuell jedoch am Knowhow bei der Wartung und Reparatur der Geräte. Bislang müssen die Maschinen noch aufwändig zum Hersteller ins Ausland geschickt werden. Der Aufbau eines Kompetenzzentrums und die Weitergabe dieser Kenntnisse in die Ausbildung von Landmaschinentechnikern seien daher neben der Schaffung von Servicedepots spannende und notwendige Schritte.

Udo Opel, Geschäftsführer bei "Roter Bur" Glottertäler Winzer hat die Drohnen in seinen Steillagen seit drei Jahren im Einsatz. Er bringt mit ihnen Spritzmittel zielgenau an die Rebe. Und dies mit ökonomischem und ökologischem Nutzen.

Einsatz von Pflanzenschutzmittel um 75 Prozent reduziert

Um einen Hektar Steillage spritzen zu lassen, benötige er bislang die Arbeit von zwei Personen für jeweils fünf Stunden. Mit der Drohne, die 16 Liter im Tank befördern könne, sei die gleiche Fläche jedoch von einer Person in 45 Minuten bearbeitet. Und: Brauchte der Winzer bislang für einen Hektar Steillage 1800 Liter Pflanzenschutzmittel, reichten nun 100 Liter aus. Zwar sei das Mittel vierfach konzentriert, aber auch so betrage die Einsparung mehr als drei Viertel der bislang notwendigen Menge.

Auch im Bioanbau sei die Drohne bereits erfolgreich getestet worden. Die Technik entwickle sich rasant, die neue Drohne, die im Projekt eingesetzt werden, könne bereits 20 Liter befördern. Derzeit werden die Akkus für die 46 Kilo schwere Drohne noch mit einem Notstromaggregat im Weinberg geladen, zukünftig könnte Sonnenkraft zum Einsatz kommen.

Als weitere Einsatzmöglichkeit der Technik sollen Multikopter den Schädlingsbefall im Weinberg kontrollieren. Dies wird durch Multispektralkameras und eine durch Software gestützte Analyse erfolgen. Hierbei wird das Projekt auch von der staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg unterstützt.

Sonnenenergie im Weinberg nutzen

Nachhaltigkeit stehe auch im Bereich der Automation im Fokus, so Manuel Fischer von Sick. Robotik könne die Arbeit am Boden, also das mechanische Hacken, Mulchen oder Mähen, übernehmen und den Anwender aus der Gefahrensituation bringen.

Um die optimale Nutzung knapper Flächen geht es beim Einsatz von Photovoltaik im Weinberg. Hier möchte man nicht nur die Erzeugung von Strom für den unmittelbaren Einsatz vor Ort testen, sondern die Module auch als Mittel der "Klimafolgenanpassung" erforschen: Sie könnten nämlich auch den von Frost, Hagel und Sonnenbrand gequälten Reben dringend notwendigen Schutz bieten, so Timo Beck vom Viti-PV-Team aus Riegel. Aufgabe sei es jedoch auch, das Projekt so zu gestalten, dass es bei der Bevölkerung Akzeptanz finde, so Beck.

5. Pressebericht 15.08.2021 – Klimanetzwerk Riegel

KURZBERICHT:

Riegeler Klimaspaziergänge starteten am So, den 15.8.2021 mit dem Thema Weinbau

Bei strahlendem Sonnenschein und bei 28°C um 10 Uhr, trafen sich die rund 20 Teilnehmer*innen an der Michaelskapelle Riegel. Vanessa Dinkel begrüßte im Namen des Orgateams des KlimaNetzwerkes Riegel die Teilnehmenden und die Referenten Armin Bobsien und Timo Beck. Unter den Spaziergängern befanden sich begeisterte Klimaschützer*innen, PV-Anlagen-Fans und Interessierte am Projekt Viti-PV Riegel.

Im ersten Teil des Spaziergangs wurde der Bezug zum Thema Klimawandel global und den aktuellen Bränden und Hochwasserkatastrophen deutlich gemacht. Ebenso wurde lokal auf Riegel geblickt und der Frage nachgegangen, was es für ein klimaneutrales Riegel bräuchte – so z. B. ein Umbau der bekannten Infrastruktur. Vom Michaelsberg hatten die Teilnehmer einen ausgezeichneten Blick auf die bereits bestehenden PV-Anlagen Riegels, deren Bedeutung erklärt wurde.

Im zweiten Teil stellte Armin Bobsien den Bezug zum Weinbau her. In den Rebzeilen direkt an der Rebe, konnten sich die Teilnehmenden am Aufbau und Wachstumsprozess der Trauben die Probleme der Winzer anschaulich ansehen.

Timo Beck stellte im dritten Teil das Projekt Viti-PV Riegel vor. Dabei wurde die Idee einer Flächendoppelnutzung präsentiert. Dieses Projekt ist deutschlandweit einzigartig und stellt ein Pilotprojekt dar. Ziele sind sowohl größtmöglicher Energiegewinn und Nutzen für den Weinbau (Schatten, Schutz vor Wetterschäden und z. B. Pilzbefall). Den Projektbeteiligten ist klar, dass es dabei noch offene und zu klärende Fragen gibt.

Bei der Abschlussdiskussion gab es auch kritische Stimmen: „Ich war in einem Zwiespalt und hatte Bauchschmerzen, als ich von diesem Projekt hörte“ gab eine Teilnehmerin mit Sorge auf ihr vertrautes Landschaftsbild zu bedenken, aber jetzt da sie das Projekt und die Hintergründe besser kenenglernt habe, sehe sie das mit anderen Augen. Armin Bobsien berichtete, dass 4% der gesamtdeutschen Fläche an Agrophotovoltaik-Flächen ausreichen würden, um Deutschland mit Strom zu versorgen.

Wer sich näher für das Projekt Viti-PV Riegel oder die Reihe Klimaspaziergänge interessiert, melde sich gerne beim KlimaNetzwerk Riegel: klimanetzwerkriegel@gmx.de



Fotocollage: C. Rall
Text: V. Dinkel und A. M. Hoffmann

Netzwerk Südbaden



ENERGIE 10/2021, SCHWERPUNKTE

Agriphotovoltaik: Allheilmittel für den Klimawandel?

24. OKTOBER 2021



AGRIPHOTOVOLTAIK ALS HAGELSCHUTZ

Mit einem Dach über dem Feld trotz Agriphotovoltaik dem Klimawandel sowie Extremwetter – und gleichzeitig verringern die Solarzellen den CO₂ Ausstoß. Hört sich gut an, doch die Pioniere in Südbaden haben mit allerlei Hürden und Schwierigkeiten zu kämpfen. Eine Bestandsaufnahme.

Von JOACHIM SCHNEIDER

ENERGIE 10/2021, SCHWERPUNKTE

Agriphotovoltaik: Allheilmittel für den Klimawandel?

24. OKTOBER 2021



AGRIPHOTOVOLTAIK ALS HAGELSCHUTZ

Mit einem Dach über dem Feld trotz Agriphotovoltaik dem Klimawandel sowie Extremwetter – und gleichzeitig verringern die Solarzellen den CO₂ Ausstoß. Hört sich gut an, doch die Pioniere in Südbaden haben mit allerlei Hürden und Schwierigkeiten zu kämpfen. Eine Bestandsaufnahme.

Von JOACHIM SCHNEIDER

Tatsächlich ist es ein komplexes Unterfangen, Nutzpflanzen unter einem Dach zu kultivieren. Bei Getreide funktioniert es. In Denzlingen (und auch am Bodensee in größerer Ausführung) steht so eine Anlage. „Der Weizen sieht aus wie nebendran auch“, sagt Thomas Trenkle, Landwirt, Gastwirt und Energiewirt in Denzlingen. Wobei Energiewirt nicht ganz stimmt.

Den Strom von seinem **Versuchsfeld, das der Gemeinde Denzlingen** als Verpächter gehört, bekommen die Stadtwerke Emmendingen, die sich um das Organisatorische gekümmert haben: Die Bebauungsplanänderung, die Genehmigungen. **Gebaut und entwickelt hat die Anlage das Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE.** Im März 2020 war der Spatenstich, doch der Lockdown verhinderte erst einmal die Einreise der österreichischen Firma, die für die Stahlverankerungen zuständig war, die ohne Beton montiert werden. Nun aber läuft es, die erste Ernte mit und ohne Solar-Dach ist eingefahren.

EU blockiert Agriphotovoltaik

Warum er denn das mache, obwohl er dabei gar nichts verdient? Da lacht der alteingesessene Wirt vom Denzlinger Mauracher Hof ein bisschen, und sagt: „Zur eigenen PR“ und etwas ernster:



„Es muss ja vorwärts gehen, einer muss ja anfangen.“

THOMAS TRENKLE, LANDWIRT & GASTWIRT MAURACHER HOF

Aber wenn er es gewusst hätte, dann hätte er sich das vielleicht auch anders überlegt. Der Landwirt hatte seine Anbaufläche ganz normal für die EU-Zuschüsse eingereicht, doch dem Regierungspräsidium ist die Doppelnutzung aufgefallen.

Prompt hat die Landwirtschaftsbehörde nachgemessen. Und so musste Pionier Trenkle die Subvention für das Feld unter dem Sonnendach zurückzahlen. Nicht viel, aber in dem Fall mahlen die bürokratischen Mühlen offensichtlich unerbittlich. Tatsächlich scheint die EU noch nicht auf der Höhe der Zeit, was die Agriphotovoltaik angeht: **Für eine so genannte Doppelnutzung von Agrarflächen sind die Subventionen immer noch ausgesetzt.** Forderungen werden laut, dass die Landwirtschaftsminister der EU diese Einschränkung

zurücknehmen, da sie eigentlich verhindern soll, dass Geld kassiert wird für landwirtschaftliche Flächen, die ausschließlich mit Photovoltaikanlagen bestückt sind.

Während also Bauer Trenkle dieses Jahr Hafer zu Versuchszwecken aussät und aufpassen muss, dass er das Photovoltaikgerüst nicht umpflügt – „die Maße könnten etwas passender sein“ –, steht **einer kommerziellen Nutzung von mit Agriphotovoltaikpanelen überdachten Getreideanbauflächen im Prinzip nur die EU-Beschlüsse im Wege und der Wille zur Investition**. Und die Vergütung der Einspeisung, denn die liegt im Moment bei ca 5 Cent pro KW.

Vor 20 Jahren, als die ersten Solaranlagen gefördert wurden, bekamen private Kleinstromlieferanten das Zehnfache. „**Wir kommen gerade mal mit einer schwarzen Null heraus**“, sagt **Oliver Kramer vom Stromversorger und Netzbetreiber Stadtwerke Emmendingen**, mit der 5 Cent Einspeisevergütung wird gerade mal der Anschluss an das Stromnetz finanziert – geschweige denn der Aufbau. Bei 21000 KW im Jahr lohnt sich eine Direktvermarktung nicht. Vernünftige Finanzierungsmodelle, Förderungen etc. lassen noch einiges zu wünschen übrig. Wer Ausstieg sagt, sollte auch für Alternativen sorgen.

Erntertrag und Energiegewinnung in einem

Höhere Einspeisevergütungen würden auch die Experimentierfreude ankurbeln, um Verluste bei der Ernte auszugleichen. Dass Sonderkulturen wie Kartoffel oder Obst oder Ackergemüse mehr Licht brauchen als etwa Getreide ist kein Geheimnis, aber wie sich die Pflanzen unter einem Dach mit bestimmter Lichtdurchlässigkeit entwickeln, schon noch. Zumindest technisch gibt es Lösungsansätze.

Die Lücken zwischen den verschiebbaren Elementen könnten mal kleiner mal größer dimensioniert werden, es gibt Panele mit einer größeren Sonnenlichtdurchlässigkeit, die neueste Generation der Module richtet sich gegen die Sonne und lässt entsprechende Lücken. Es käme auf ein paar Versuche an: Ertrag und Energiegewinnung in Einklang zu bringen – sprich höchstmögliche Effizienz zu schaffen – ist die große Herausforderung. Das will natürlich kein Bauer zum Nulltarif oder gar mit Verlusten ausprobieren. Da müssten alle an einem Strang ziehen.

Noch spannender, weil eben effizienter und wirkungsvoller, scheint gerade deshalb die

Energie gewinnende Überdachung im Obst- und Weinbau zu sein. Dort setzt der Klimawandel der Kultivierung direkt zu: Heuer verhindern Hagelnetze, dass eine Ernte komplett zerstört wird, Bewässerungsanlagen sorgen dafür, dass die empfindlichen Stöcke nicht vertrocknen.



SOLARMODUL IN DEN REBEN BEI FREIBURG

Armin Bobsien weiß, wovon er spricht, der Klimaschutzmanager ist selber Winzer. Und er stellt auf dem **Riegeler Michaelsberg ein Rebstück für die Agriphotovoltaik zur Verfügung**. Der Mitgründer der Initiative Viti PV Riegel sieht hier eine einmalige Chance, in Technologie und Knowhow wieder ganz vorne mitzumischen.

Ein sonnendurchlässiges Dach über dem Rebstück könnte die Stöcke schützen vor allzu viel Hitze und zu früher Reife – „stellen Sie sich vor, wenn die Trauben schon im Bottich gären bei einer Lese im August ...“. Ebenso vor zuviel Nässe, die oft auch Krankheiten mit sich bringt. Ganz zu schweigen vom Spätfrost, der ja trotz Klimawandel weiterhin auftreten kann. Doch eine „bauliche Anlage im Außenbereich“ verlangt eine Änderung des Bebauungsplanes, was zum Beispiel die reine Flächennutzung nicht braucht.

Edgar Gimbel hat schon über 20 Jahre Erfahrung im Solargeschäft. Und arbeitet mittlerweile unter dem Namen G-Sun als selbstständiger Berater für Großanlagen. Zum einen im Bereich „Floating“, das meint **schwimmende Anlagen beispielsweise auf Seen** und eben im Bereich Agriphotovoltaik. Auch er ist Winzer und will auf einem halben Hektar in Freiburg-Munzingen das Experiment mit überdachten Reben wagen.

Während die Stadt Freiburg, das Weinbauinstitut und der Winzer voller Enthusiasmus sind, muss der Ortschaftsrat noch seinen Segen geben für eine kleine Fläche Zukunft. Ein bisschen mehr als ein halbes Fußballfeld würde schon ordentliche Erkenntnisse bringen. „Über die Vergütung der Einspeisung wird noch verhandelt“, sagt Edgar Gimbel und rechnet vor, dass seine Altanlagen mittlerweile durch das Auslaufen des Energievertrages wieder zurückzahlen.

Solartechnik ist längst erwachsen geworden

Vier Prozent der landwirtschaftlichen Fläche könnten reichen, um das Stromproblem zu lösen. So die Rechnung des Fraunhofer Instituts für Solarforschung. Das hört sich nach sehr wenig an, doch die Felder müssen dort verortet werden, wo Strom gespeichert und verarbeitet werden kann. Doch „Landnutzungs Konkurrenz“ wird dadurch vermieden, die heimischen Landwirte werden es danken.

In **Japan soll es schon über 2000 APV- Anlagen geben**, Shiitake und Reis gedeihen unterm Dach prächtig, im Land der aufgehenden Sonne will man mit einer attraktiven Einspeisevergütung nicht nur die Klimawende vorantreiben, sondern auch die Landwirtschaft wieder für nachkommende Generationen interessant machen. Dort sterben die Bauern langsam aus.



SCHREIBEN SIE EINEN KOMMENTAR

IHRE E-MAIL-ADRESSE WIRD NICHT VERÖFFENTLICHT. ERFORDERLICHE FELDER SIND MIT * MARKIERT.

KOMMENTAR *

Riegel

Pilotanlage für Solarstrom aus dem Weinberg auf 16 Ar Rebfläche am Michaelsberg



Von Ruth Seitz
Do, 07. April 2022 um 17:30 Uhr
Riegel

BZ-Plus | Zweifachen Nutzen landwirtschaftlicher Flächen soll Agrarphotovoltaik bringen. In Riegel könnte schon im Herbst eine Pilotanlage für Solarstrom aus Weinbergen gebaut werden. Die Gemeinde begrüßt das Projekt.





Blick von der Michaelskapelle nach Süden: Auf diesem Plateau auf dem Riegeler Michaelsberg soll möglicherweise schon ab Herbst eine Pilotanlage für Agri-Photovoltaik in Weinbergen. Foto: Martin Wendel



[Drucken](#) [Vorlesen](#) [Verlinken](#) [Fehler melden](#)

Wenn alles plangemäß läuft, dann könnte bereits im Herbst Baubeginn für die Viti-Photovoltaikanlage auf dem Riegeler Michaelsberg sein. Für die Winzer bietet sich so eine weitere Möglichkeit, Einnahmen aus der Fläche zu generieren, betonte Armin Bobsien, Ideengeber und Initiator des Projekts, am Mittwochabend in der öffentlichen Sitzung des Gemeinderats. "Ein interessantes Projekt, das passt zu Riegel", meinte Steffen Schwarz (FWV).

Ein weiterer Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität

Die Idee ist so bestechend wie einfach und wäre ein weiterer Baustein für die Gemeinde in Richtung Klimaneutralität bis 2035: Auf der Erde wachsen die Reben, darüber erzeugen Solarpaneele Strom. Agrarphotovoltaik nennt sich die doppelte Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für die Nahrungsmittelproduktion und Stromerzeugung. Solche Anlagen gibt es bereits vereinzelt, eine sogenannte Viti-Photovoltaikanlage, also eine über Weinbauflächen, in Deutschland noch nicht – somit wäre die Anlage in Riegel ein Pilotprojekt. Geplant ist die Anlage auf einer Fläche von 16 Ar, auf einer kaum einsehbaren Fläche auf dem Michaelsberg, sie soll nicht höher als drei Meter werden. Gebaut werden soll die Anlage über eine Jungrebenanlage mit Weißburgunder und über einer Fläche mit drei Jahre alten Sauvignon-Blanc-Reben.

Kraft der Sonne nutzen und Kulturen vor Extremwetter schützen

Immer weniger landwirtschaftliche Fläche soll immer mehr Menschen satt machen, der Klimawandel mit seinen Extremwettern schreitet unaufhörlich voran. Hagelschäden, Schäden durch extreme Sonneneinstrahlung und damit verbundene Qualitätseinbußen sind im Weinbau keine Seltenheit mehr. Die doppelte Nutzung landwirtschaftlicher Flächen käme auch der Gemeinde entgegen. Alle Riegeler Dachflächen würden für die Erzeugung von Solarstrom nicht ausreichen, um den Strombedarf der Gemeinde zu decken, hatte Riegels Klimaschutzmanagerin Irina Wellige bei der internen Vorstellung des Projekts betont.

"Weinbau 4.0" – eines von 38 Leuchtturmprojekten im Land

Armin Bobsien, früher Klimaschutzmanager der Stadt Emmendingen, heute Gebäude-Energieberater beim Landratsamt und Besitzer der Rebfläche, auf der die Anlage gebaut werden soll, Timo Beck, Jana von Rechenberg und Hannah Finke haben als Projektgruppe eine ausführliche Konzeptstudie erstellt und für ihr Vorhaben auch viele Unterstützer und Finanzgeber gefunden, unter anderem die Badenova, das Weinbauinstitut, die Bürgerenergiegenossenschaft Endingen, das Fraunhofer Institut für Solar Energiesysteme und die Wirtschaftsförderung des Landkreises. Das Vorhaben in Riegel wurde mit anderen Projekten aus Südbaden unter dem Namen "Weinbau 4.0" gebündelt und beim Landeswettbewerb "RegioWIN 2030" eingereicht. Der Wettbewerb zielt darauf ab, die Wettbewerbsfähigkeit in den Regionen durch Innovation und Nachhaltigkeit zu verbessern. Von 110 Projektvorhaben aus elf Regionen wurden 38 Leuchtturmprojekte ausgewählt, darunter auch das Projekt "Weinbau 4.0."

Varianten zur Stromvermarktung untersucht

Das Vorhaben auf dem Riegeler Michelsberg würde bei einer Projektbewilligung mit rund 60 Prozent vom Europäischen Regionalfonds und aus Landesmitteln gefördert, für die Gemeinde entstehen keine Kosten. Nun soll ein Folgeantrag eingereicht werden.

Für die Vermarktung des Stroms, der auf dem Michaelsberg erzeugt werden könnte, hat die Projektgruppe mehrere Varianten untersucht, unter anderem für die Versorgung der Michaelschule. Die wirtschaftlichste Variante wäre die Belieferung der Riegeler Lofts über eine noch zu installierende Stromleitung. Vorstellbar wäre eine Bürgerstromanlage, die Bürgerenergiegenossenschaft Endingen habe ihre Unterstützung angeboten. Eine eigene Genossenschaft zu gründen, sei wegen des hohen Aufwands nicht ratsam, meinte Armin Bobsien.

Gemeinderat und Bürgermeister begrüßen das Projekt

"Ein interessantes Projekt, das engagierte Bürger in ihrer Freizeit auf den Weg gebracht haben", sagte Bürgermeister Daniel Kietz, auch die Räte standen dem Vorhaben positiv gegenüber. Die Bewirtschaftung der Reben mit Schmalspurschleppern sei trotz der Anlage gegeben, erklärte Armin Bobsien auf die Frage von Adrian Walk (FWV). Günther Hagenguth (CDU) riet dazu, die Anlage vor eventuellem Vandalismus zu schützen. Volker Witzigmann (FDP) erkundigte sich nach der zeitlichen Begrenzung des Projekts. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung sei auf 20 bis 30 Jahre ausgelegt. Gebe es Probleme, sei die Anlage jederzeit rückstandslos abbaubar, sagte Timo Beck. "Die Sache ist einfach greifbar", plädierte auch Ronny Christoph (FWV) für die Weiterbegleitung des Projekts.

Ressort: [Riegel](#)

Zum Artikel aus der gedruckten BZ vom Fr, 08. April 2022:



» Zeitungsartikel im Zeitungslayout: [PDF-Version herunterladen](#)

» Webversion dieses Zeitungsartikels: [Solarstrom vom Riegeler Michaelsberg](#)



[Drucken](#) [Vorlesen](#) [Verlinken](#) [Fehler melden](#)



8. Viti-PV Steckbrief Blankenhornsberg

Viti-PV Steckbrief		Ihringen, Baden-Württemberg	
			
Standortdaten			
Eigentümer:	Staatsweingut Freiburg Gutsbetrieb Blankenhornsberg Blankenhornsberg 7 - 79241 Ihringen		
	https://staatsweingut-freiburg.de/kontakt/vinotheken/vinothek-blankenhornsberg/		
Anlagenerrichter & Betreiber:	INTECH Cleant Energie 77694 Kehl-Auenheim		
	https://intechcleanenergy.com/de/referenzen/photovoltaik-im-weinberg/		
Eckdaten			
Bauart:	Viti-PV	System 1	im Bild oben gelb markiert
Flächengröße:	0,4 ha	Fixinstallation:	Jede Rebzeile mit PV-Modulen bestückt
Systemleistung:	240 kWp	Transparenzgrad Module:	
Bauliche Umsetzung:	2023	PV-Höhe:	4,0 m
Inbetriebnahme:	2024	Tragwerkskonstruktion:	Stahl Rammung
Lage:	geringe Steillage	System 2	im Bild oben blau markiert
Ausrichtung Rebzeilen:	West-Ost	Tracking-System:	Jede 3. Rebzeile mit PV-Modulen bestückt. Automatisch Nachführung nach Sonnenstand.
Weinsorten:			
Besonderheiten			
<ul style="list-style-type: none"> - Installation der Tragwerkskonstruktion über die vorhandenen Rebzeilen (Anlage im Bestand) - Trackingsteuerung entwickelt auf der Basis einer Beschattungssimulation des ISE Freiburg - Weinbauliches Monitoring vom WBI Freiburg / Auswertung weinbaulicher Parameter mit Referenzfläche - Normale maschinelle Bewirtschaftung möglich (inkl. traktorgezogene Vollernter) 			

9. Viti-PV Steckbrief Geisenheim

Viti-PV Steckbrief		Geisenheim, Hessen	
			
Standortdaten			
Eigentümer:	Hochschule Geisenheim University (HGU) Von-Lade-Str.1 65366 Geisenheim https://www.hs-geisenheim.de/forschung		
Anlagenerrichter:	Agri-PV Solutions Sudetenstraße 31A 90542 Eckental https://www.agripv-solutions.com		
			
Eckdaten			
Bauart:	Viti-PV	System	
Flächengröße:	0,14 ha	Tracking: Jede Rebzeile mit PV-Modulen bestückt	
Systemleistung:	94 kWp	Semitransparente Module / Tra 51	
Bauliche Umsetzung:	2022/23	Monokristalline Solarzellen mit hohem Wirkungsgrad	
Inbetriebnahme:	2023	Nennleistung je Modul ca. 170 WP	
Lage:	minimale Hanglage	PV-Höhe:	3,35
Ausrichtung Rebreihen:	Ost-West	Tragwerkskonstruktion:	Stahl Rammung
Weinsorten:	Riesling		
Besonderheiten			
<ul style="list-style-type: none"> - AgriPV Tracker (softwaregesteuerte Nachführung der Module nach dem hellsten Punkt am Himmel) - Reihenbauweise 2 x 23 Module lang = 43 Module je Tracker - Ca. 550 semitransparente Glas-Glas-Module aus deutscher Fertigung, in Ost-West-Richtung verbaut, gerahmt - Weinbauheizung mit Frostschutz-Heizdrähten (Vermeidung von Spätfrost, welche die jungen Triebe gefährden) 			

10. Viti-PV Steckbrief Munzingen

Viti-PV Steckbrief		Munzingen, Baden-Württemberg	
			
Standortdaten			
Eigentümer:	badenovaWÄRMEPLUS GmbH & Co. KG Tullastraße 61 79108 Freiburg https://www.badenovawaermeplus.de/		
Anlagenerrichter:	Edgar Gimbel /G-Sun Schäferstr. 4 79227 Schallstadt		
Eckdaten			
Bauart:	Viti-PV	System	
Flächengröße:	0,32 ha	Fixinstallation: Jede Rebzeile mit PV-Modulen bestückt	
Systemleistung:	300,96 kWp	Semitransparente Module / Transparenzgrad: 48%	
Bauliche Umsetzung:	2022/23	1550 Module	
Inbetriebnahme:	2024	Tragwerkskonstruktion:	Stahl Rammung
Lage:	geringfügige Neigung		
Ausrichtung Rebreihen:	Ost-West		
Weinsorte:			
Besonderheiten			
<ul style="list-style-type: none">- Erste Viti-PV Anlage Deutschlands- Starre Montage von semi-transparenter Modulen 17° Neigungswinkel -- Verzinktes Stahlgerüst- Weinbauliches Monitoring vom WBI Freiburg / Auswertung weinbaulicher Parameter mit Referenzfläche			